

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

Tesis previa a la obtención del título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

**“COMPRESIÓN DE DATOS DE MEDICIÓN INTELIGENTE PARA
OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.”**

AUTOR:

CHRISTIAN RENATO ORBE GUATO

DIRECTOR:

ESTUARDO CORREA

QUITO, febrero 2015

DECLARATORIA DE AUTORÍA:

Yo Christian Renato Orbe Guato autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, 25 de Febrero del 2015

Christian Renato Orbe Guato
CC: 1715819247

AUTOR

CERTIFICA:

Yo, Ing. Estuardo Josafat Correa Zapata tutor, director de la tesis que titula “Compresión de Datos de Medición Inteligente para Optimización del Sistema de Comunicación Inalámbrica.”, certifico, haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos técnicos y financieros, realizada por el Sr. Christian Renato Orbe Guato, previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico en la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Por cumplir los requisitos autoriza su presentación.

Quito, 24 de Febrero del 2015

Ing. Estuardo Correa Zapata
DIRECTOR

DEDICATORIA.

Christian Renato Orbe Guato

Este proyecto es dedicado

Con mucho amor

Al Dios único.

Por bendecirme con la vida que es lo fundamental, la salud y trabajo; por estar en todo momento, dándome la oportunidad de cumplir todos los objetivos planteados, por su infinito amor; eres poderoso y majestuoso.

A mi madre Inés.

Por enseñarme que el amor verdadero, el irremplazable, aquel que no se agota por ningún motivo, es el de una madre hacia sus hijos y su lucha constante e incondicional; por su ejemplo, valentía e inmenso amor. Por darme la vida y enriquecerla cada día

A mi padre Luis.

Por todo lo que soy y tengo, por crear mi carácter adecuado a cada circunstancia y por enseñarme que el trabajo se lo hace con el alma y no solo con la mente; por ser la fuente de inspiración cuando estaba caído; pues nunca te vi decaer.

A mis hermanas.

A Gaby, que desde algún lugar de este espacio está con nosotros, por ser un ejemplo a seguir, ya que de ti aprendí, a no esperar y acabar lo que inicié sobre cualquier circunstancia

Andrea, por tu colaboración en los momentos que necesité.

A mis amores.

A Paola, por tu apoyo incondicional, por ser mi compañera.

A mi hijo Martín que es mi vida, mi lucha mi camino.

A Frank y Gabriel que los quiero como mis hijos, me dan muchas alegrías.

A mis familiares y amigos.

¡Muchas Gracias!

AGRADECIMIENTO.

Christian Renato Orbe Guato

A la Universidad Politécnica Salesiana por el espacio que me brindó, al iniciar mis estudios de una manera complementaria con los métodos dejados por Don Bosco que son fruto esencial de una preparación integral, del ser humano y el profesional; para formar una sociedad justa, digna y honrada.

A los docentes que estuvieron durante toda la carrera que cursé, aquellos que continúan en la universidad y a los que dejaron la institución, les debo mucho de mis conocimientos profesionales y éticos en la aplicación de la Ingeniería; con su experiencia en la educación y en lo empírico, siendo colaboradores de información que enriqueció mis valores como estudiante universitario.

Al Ing. Estuardo Correa por su apoyo durante todo el proceso, no solo como tutor de este proyecto, sino también en los niveles de formación de toda la carrera, por su impulso motivacional y sobre todo el respeto; por su paciencia durante la elaboración de ésta tesis y por ayudarme a cada momento con soluciones óptimas para terminar este objetivo.

A los compañeros con los que compartí muchísimo tiempo dentro y fuera de la institución, algunos amigos entrañables, fueron un pilar en el trayecto de mi carrera.

En general a todos los miembros de la institución desde el más alto nivel jerárquico hasta el más bajo pues durante este tiempo fueron parte de la institución y mi vida académica

INDICE GENERAL

GLOSARIO DE TÉRMINOS	XI
Resumen.....	XII
Summary.....	XIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
MARCO TEORICO	2
1.1 Características del Sistema de Comunicación Inalámbrica en la Medición Inteligente.....	2
1.2. El Big Data.....	3
1.2.1. Definición de Big Data.....	3
1.2.2. Proveniencia del Big Data.....	5
1.3. Compresión de datos.....	6
1.3.1. Definición y detalles de la Compresión de Datos e Información.....	6
1.3.2. Clasificación y tipologías en Datos e Información Compresa.....	7
1.3.3. Aplicación de la Compresión de Datos.....	9
1.4. Las Wavelets.....	9
1.4.1 Introducción a las Wavelets.....	9
1.4.2 La Transformada de Wavelet.....	10
1.4.2.1 La Traslación.....	12
1.4.2.2 La Escala	12
1.4.2.3 Conjunción entre traslación y escala.....	12
1.4.2.4 Clasificación de la Wavelet Madre.....	15
1.4.3 Tipos de Transformadas de las Wavelets.....	18
1.4.3.1 La Transformada Continua de Wavelets.....	18
1.4.3.2 La Transformada Discreta de Wavelets.....	19
CAPÍTULO II.....	21
2.1 Análisis de importación de hojas de cálculo.....	21
2.1.1 Características de importación de una hoja de cálculo.....	21
2.1.2 Manejo de Opciones de importación en Excel.....	22
2.1.2.1 Configuración de la hoja de cálculo.....	22
2.1.2.2 Opciones de selección para exportación de una Hoja de Cálculo.....	23

2.2	Estructura de información y datos en Matlab.	24
2.2.1	Detalles del entorno de Matlab a la importación de datos.....	24
2.2.2	Comandos para la importación de una hoja de cálculo hacia Matlab.....	25
2.3	Wavelets aplicada a información y datos.....	29
2.4	Estudio de compresión de información en Matlab.....	31
CAPÍTULO III.....		33
DESARROLLO DE WAVELET EN MATLAB		33
3.1	Importación de hoja de cálculo a Matlab.	33
3.2	Compresión de información utilizando Wavelet.....	36
3.3	Volúmenes y porcentajes de compresión Wavelet.....	41
3.4	Manipulación de datos compresos.	42
3.4.1	Datos sin variabilidad de estado de compresión.	43
3.4.2	Compresión de Datos con resultados intermedios.	43
3.4.3	Manejo de datos en gran escala de compresión.	44
CAPÍTULO IV		48
INDICADORES DE RESULTADOS		48
4.1	Análisis del tratamiento de la Información	48
4.2	Alcance de los volúmenes de compresión	49
4.2.1	Alcance de compresión con Wavelet Daubechie.....	49
4.2.2	Alcance de compresión con Wavelet Symlet.	54
4.2.3	Alcance de compresión con Wavelet Coiflet.....	58
4.2.4	Alcance de compresión con Wavelet Biortogonal.....	62
4.3	Comparación de datos finales en la comunicación inalámbrica	66
4.4	Aplicabilidad del sistema en la comunicación	69
4.4.1	Factores que interfieren en la comunicación inalámbrica.	70
4.4.2	Detalle de información y Big Data en la red de comunicación y análisis de manejo de datos.	75
4.4.3	Beneficios para la comunicación inalámbrica a través de Compresión por Wavelet. 76	
CONCLUSIONES:.....		78
RECOMENDACIONES:.....		79
LISTA DE REFERENCIAS		80
ANEXOS		84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Características del Big Data.	4
Figura 1.2. Variabilidad de la escala y el tiempo en Wavelet madre.	13
Figura 1.3. Familia generada por dilatación y traslación en tiempo y frecuencia.	14
Figura 2.1. Configuración de administración para exportar la hoja de cálculo.	22
Figura 2.2. Botones de manipulación y comunicación Excel entorno Matlab.	23
Figura 2.3. Acceso al Import data a través del menú de Matlab.....	26
Figura 2.4. Acceso y visualización de opciones en el Import Wizard en el menú de Matlab.	27
Figura 2.5. Acceso al Array Editor y detalles del Workspace en Matlab.....	27
Figura 2.6. Panel de Acceso al Current Directory, Workspace y Command History. ...	28
Figura 3.1. Importación del documento Excel al Workspace mediante selección gráfica.	34
Figura 3.2. Uso del comando Import Data de opción gráfica en menú con las filas importadas.....	35
Figura 3.3. Variables generadas en el ambiente de Matlab y señalización en el Workspace.	35
Figura 3.4. Manipulación de la variable Watt/hora sin cambios significativos de ceros “seteados”.	43
Figura 3.5. Manipulación de la variable Watt/hora con cambios significativos y equitativos entre ceros seteados y energía retenida.	44
Figura 3.6. Manipulación de la variable Watt/hora con cambios grandes en energía perdida y mayor número de ceros “seteados.”.....	44
Figura 3.7. Manipulación de la variable tiempo en el consumo de energía eléctrica residencial base.	45
Figura 3.8. Manipulación de la variable promedio Watt/hora del consumo de energía eléctrica residencial base.	46
Figura 3.9. Manipulación de la variable tiempo del consumo de energía eléctrico con el dato de voltaje.....	46
Figura 4.1. Compresión de la señal Watt/hr con wavelet db4 nivel 5.	66
Figura 4.2. Compresión de la señal Watt/hr con wavelet sym 9 nivel 5.	67
Figura 4.3. Compresión de la señal Watt/hr con wavelet coif4 nivel 5.....	68
Figura 4.4. Compresión de la señal Watt/hr con wavelet bior1.3 a un nivel 5.....	68
Figura 4.5. Sistema de comunicación básico.....	69

INDICE DE TABLAS

TABLA 4.1 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Daubechie nivel1	50
TABLA 4.2 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Daubechie nivel2	51
TABLA 4.3 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Daubechie nivel3	51
TABLA 4.4 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Daubechie nivel4	52
TABLA 4.5 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Daubechie nivel5	53
TABLA 4.6 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Symlet en nivel 1	54
TABLA 4.7 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Symlet en nivel 2	55
TABLA 4.8 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Symlet en nivel 3	56
TABLA 4.9 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Symlet en nivel 4	56
TABLA 4.10 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Symlet en nivel 5 ...	57
TABLA 4.11 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Coiflet en nivel 1 ...	58
TABLA 4.12 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Coiflet en nivel 2 ...	59
TABLA 4.13 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Coiflet en nivel 3 ...	60
TABLA 4.14 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Coiflet en nivel 4 ...	60
TABLA 4.15 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Coiflet en nivel 5 ...	61
TABLA 4.16 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Biortogonal en nivel 1	62
TABLA 4.17 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Biortogonal en nivel 2	63
TABLA 4.18 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Biortogonal en nivel 3	64
TABLA 4.19 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Biortogonal en nivel 4	64
TABLA 4.20 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Biortogonal en nivel 5	65
TABLA 4.21 Espectro electromagnético.....	73

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	85
ARCHIVO BASE DE DATOS DE CONSUMO ENERGIA ELECTRICA.	85
ANEXO 2	87
ARCHIVO DE MATLAB CON INFORMACION DE LA VARIABLE WATT/Hr....	87
ANEXO 3	89
ARCHIVO DE MATLAB CON INFORMACION DE VARIABLE.....	89
WATT/Hr PROMEDIO.....	89
ANEXO 4	91
ARCHIVO DE MATLAB CON INFORMACION DE VARIABLE VOLTAJE.	91
ANEXO 5	93
ARCHIVO DE MATLAB CON INFORMACION DE VARIABLE TIEMPO.....	93
ANEXO 6	95
ARCHIVO DE MATLAB CON INFORMACION DEL COSTO DE CONSUMO DE ENERGÍA.	95
ANEXO 7	97
PROGRAMACIÓN DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA VARIABLE WATT/HORA EN MATLAB	97
ANEXO 8	100
PROGRAMACIÓN DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA VARIABLE WATT/HORA PROMEDIO EN MATLAB.	100
ANEXO 9	103
PROGRAMACIÓN DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA VARIABLE VOLTAJE EN MATLAB.	103
ANEXO 10	106
PROGRAMACIÓN DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA VARIABLE TIEMPO EN MATLAB.	106
ANEXO 11	109
PROGRAMACIÓN DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA VARIABLE COSTO DEL CONSUMO DE ENERGIA EN MATLAB.	109

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AC	Corriente Alterna
AMI	Infraestructura de Medida Avanzada
DMQ	Distrito Metropolitano de Quito
EEQ	Empresa Eléctrica Quito
MATLAB	Laboratorio Matemático, programa computacional matemático
SMART GRIG	Red Eléctrica Inteligente
SMART HOME	Red de Hogar Inteligente
BIG DATA	Gran cantidad de Datos
WAVELET	Onda muy pequeña
VRLA	Baterías de plomo-ácido regulada por válvulas
ESCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
CWT	Transformada Continua de Wavelet
DWT	Transformada Discreta de Wavelet
DB	Wavelet Daubechie
SYM	Wavelet Symlet
COIF	Wavelet Coiflet
BIOR	Wavelet Biortogonal
WAM	Red de Área Extensa
PAM	Red de Área Personal
MAN	Red de Área Metropolitana
LAN	Red de Área Local
WI FI	Fidelidad Inalámbrica

Resumen

“Compresión de Datos de Medición Inteligente para Optimización del Sistema de Comunicación Inalámbrica.”

Christian Renato Orbe Guato

chrisorbeg@gmail.com

Universidad Politécnica Salesiana

Resumen—En este trabajo se presenta una propuesta que relacione, la medición inteligente con un medio de comunicación, el primero es el sistema de medición de la energía eléctrica, a través de una base de datos, que representa el consumo eléctrico residencial, este contenido tiene una cantidad grande de datos y su ventaja es transmitir mediante la comunicación inalámbrica sin que exista inconvenientes, la técnica aplicada para este sistema es el uso de una herramienta matemática, que presenta ciertas características especiales de cómo realizar análisis en tiempo y frecuencia, además de traslaciones y dilataciones a partir función madre entre otras.

Al manejar una gran cantidad de información se presenta ciertos inconvenientes por ejemplo enviar todos los datos por un determinado medio, también existe problemas de almacenamiento y recopilación de esa información.

Esta herramienta es conocida como Wavelet y permite comprimir información de grandes volúmenes ya que su estructura, permite la selección de ciertos valores, dentro de un rango, que estarían tomados en cuenta y aquellos que estén por debajo del umbral y aquellos que no estén en el rango mencionado, serán puestos a cero.

Existe un condicionamiento para este requerimiento y es recuperar la señal que está compresada, a una señal que mantenga su fidelidad y no difiera de la original. Los valores resultantes de la compresión forman una onda que estará afectada en traslación y escala, posteriormente se debe descomprimir la señal, para que la información vuelva a sus

datos originales.

Términos— Big Data, Wavelet, compresión, descompresión, gran cantidad de datos, base de datos, valor umbral, Matlab, comunicación inalámbrica, energía, migración de datos, gráfica, consumo de energía eléctrica.

Summary

“Data Compression Smart Metering for Optimizing Wireless Communication System.”

Christian Renato Orbe Guato

chrisorbeg@gmail.com

Universidad Politécnica Salesiana

Abstract- Abstract (Summary) - This paper presents a proposal to show the relationship between a smart metering with mass communication media. The first one is the measurement system of the electric power, through a database, which represents the residential electrical consumption, this content has a big amount of data and its advantage is to transmit by means of the wireless communication without any drawbacks, the technique applied to this system is the use of a mathematical tool, that displays some special features of how to perform analysis in time and frequency, plus translations and dilations parent function from among others.

When handling a large amount of information certain drawbacks such as sending all the data for a given environment is presented, there are also problems of storage and collection of such information.

This tool is known like Wavelet and it allows to compress information into big volumes since its structure gives a selection of parameters, which would be taken into consideration in the structure, and those that are below the threshold and those that are not mentioned in the parameters, will be set to zero.

There is a requirement for this, and it is to convert the compressed signal to a signal that maintains its authenticity and not to differ from the original signal. The resulting value of the compression is a wave that will be affected in translation and scale, later must decompress the signal, so that information back to their original data.

Index of Terms— Big Data, Wavelet compression, decompression, large amounts of data, database, threshold value, Matlab wireless communications, energy, data migration, graphic, electric power consumption.

INTRODUCCIÓN

Con el avance de la tecnología, se van presentando múltiples beneficios para la efectividad y calidad de las acciones, esto sumado a los nuevos medios de medición en arquitectura y procesamiento informático, arrojan grandes dimensiones y volúmenes en los datos, dificultando a los sistemas de comunicación su trabajo, debido a la cantidad tratada en el proceso y que necesariamente deben ser almacenados en un dispositivo, para su posterior uso y administración.

En las redes eléctricas inteligentes, este problema se aumenta en mayor magnitud, debido a que la comunicación inalámbrica, maneja gran cantidad de información, en forma instantánea y simultánea, sumado al uso de dispositivos móviles inteligentes, que han provocado que el usuario, requiera de esta información en cualquier momento y en cualquier lugar donde se encuentre.

Con esta gran cantidad de datos, se debe realizar múltiples tareas al mismo tiempo o de forma individual, tales como su almacenamiento, análisis, clasificación, procesos, etc. Que debido a su gran volumen, se torna en una tarea muy difícil. Es por esta razón que se hacen necesaria la compresión de toda esta información, sin perder la fidelidad de la misma.

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO

En este capítulo se tratará de la relación entre la medición inteligente y la comunicación y como la administración de la información repercute en ella. Conforme avanza la tecnología y el modo de vida, crece la demanda y el acceso a la red de comunicación e internet, incrementando impresionantemente el volumen de toda la información que se manipula; a eso se lo conoce como “Big Data”. El administrar esa cantidad de datos recaba una mejor opción que es la de comprimirlos; aparece entonces una herramienta matemática; como las “Wavelets, “que permiten comprimir la información, sin dañar su fidelidad. De la misma manera se puede descomprimir la información para volverla a su estado original.

1.1 Características del Sistema de Comunicación Inalámbrica en la Medición Inteligente.

El problema de la congestión de datos, está dada por la inmensa cantidad de flujo de los mismos, que conduce a un deterioro drástico en la eficacia y la eficiencia de la comunicación. Los datos que reflejan el estado del sistema, a través de todos los niveles de la red, vendrían de la medición inteligente, de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), de los sistemas de monitoreo (wide area monitoring systems WAMSs) y otros dispositivos del mismo tipo [1].

Estas enormes cantidades de datos, necesitan estar en tiempo real, en los centros de control, servicios públicos, y que los clientes tengan acceso a esa información. En la actualidad la medición inteligente y la comunicación inalámbrica arrojan un gran número de datos y se espera que sea mucho más grande en un futuro por la aplicación de nuevas técnicas y sistemas de medición. Así el uso de técnicas de compresión de datos, será requerido para contribuir a la mitigación de la carga en los sistemas de comunicación y la utilización del almacenamiento. Cualquiera que sea la técnica de compresión, esta debe conservar, lo valioso de la información contenida en los datos, ya

que se debe conservar y mantener la precisión en los estados del sistema.

Los requisitos básicos con lo que respecta a la compresión de datos, se pueden resumir de la siguiente manera [1].

- Los datos del sistema de alimentación se pueden comprimir en el envío de los terminales, de manera que se inyectan cantidades de datos, que han sido comprimidas, tanto como sea posible en los sistemas comunicación [1].
- La compresión debe mantener la información contenida en los datos [1].
- Los datos comprimidos pueden ser reconstruidos, cuando se recibe de los terminales[1].

1.2. El Big Data.

1.2.1. Definición de Big Data.

El Big Data nos da a entender que existe un gran volumen de información de difícil trato con herramientas y procedimientos comunes. Volúmenes que podrían ir de terabytes y alcanzan los zeta bytes [2]-[4]

Estos se van generando a velocidades que de igual manera son grandes y van pasando de datos confinados de lotes/archivos a datos en “data streams” (flujo de datos), además se debe observar la complejidad y el formato de esos datos. Adicionalmente el Big Data posee gran variabilidad, puesto que los datos estructurados pueden pasar a ser semi-estructurados o no estructurados [2].

Como ya se ha mencionado el Big Data nace del análisis de una aplicación, en donde la información, no se la puede analizar y manejar mediante un proceso o método común, aunque se debe comprender que estos datos deben almacenarse en una base de datos convencional, que es parte importante en las soluciones analíticas. Además, este gran volumen de información existe en una gran variedad de datos, que necesitan ser representados, por ejemplo de dispositivos móviles, audio, video, sistemas GPS, incontables sensores digitales en equipos industriales, automóviles, medidores eléctricos, veletas, anemómetros, etc., los cuales pueden medir y comunicar el

posicionamiento, movimiento, vibración, temperatura, humedad y hasta los cambios químicos que sufre el aire, de tal forma que las aplicaciones que analizan estos datos requieren que la velocidad de respuesta sea muy rápida para lograr obtener la información correcta en el momento preciso [1]-[4].

El Big Data es una definición que representa a la captación; es un análisis de la información relacionada con los datos y la gestión de los mismos, que van más allá de la información que está estructurada comúnmente y que puede ser consultada, a través de sistemas de gestión, relacionado a base de datos. El Big Data muy a menudo y de acuerdo a las necesidades se encarga de captar y archivar datos no convencionales, es decir aquellos que no presentan una estructura convergente, que bien puede ser imágenes, video digital, información de sensores, etc, que pueden o no estar contenidos en campos y registros de una base [1].

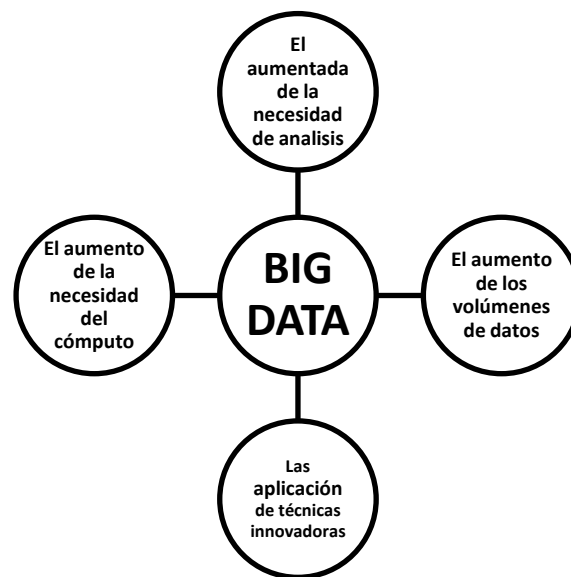


Figura 1.1. Características del Big Data.

Fuente: [4] D. Loshin, *Big Data Analytics*, vol I., USA, September 2013, pp. 5–106, 2013 ISBN 978-0-12-417319-4.

La gran cantidad de datos puede referirse a un alto volumen de información, que incluye velocidad y recursos de variedad muy apreciable y que exigen costos efectivos, formularios rentables y fiables, que den innovación a la manera como se procesa aquella información [4].

1.2.2. Proveniencia del Big Data.

El crecimiento del poder adquisitivo, la mejor calidad de vida social y a gran evolución de la tecnología han generado beneficios potenciales al ser humano, así por ejemplo la masificación del uso de dispositivos móviles, el crecimiento a gran escala de hogares domotizados, etc. Todo esto ha contribuido a la generación de grandes volúmenes de información que necesitan ser capturadas, analizadas y enviadas a grandes velocidades para satisfacer las necesidades de los usuarios, cada vez más ávidos de información instantánea y en lugar preciso [3]-[29].

Manejando escalas que puedan relacionar el termino Big Data, se pueden mencionar que la tasa actual se encuentra alrededor de 2,5 Exabytes por día. Esto significa que la gran mayoría de datos, nunca sería revisada por una persona, ya que se necesitaría aproximadamente de 7 mil millones de personas, que tendrían cada uno la tarea de revisar más de 300MB de información por día. Razón por la cual, la forma más idónea de utilizar todos estos datos, es con la automatización tipo máquina a máquina o la consulta inteligente del Big Data. No obstante si todos estos datos se mantienen, por largos periodos de tiempo, no se tendría la seguridad de que los datos mantengan su fidelidad, es decir podría existir “corrupción” de datos, mas aun si se utiliza una matriz redundante de datos independientes para almacenar la información [1].

Además de lo mencionado el Big Data tiene orígenes, en la generación automática, como son archivos de registro o redes de censado, por dispositivos móviles sea el caso de mensajería de texto, video, fotografías y máquina-a-máquina, el uso del Internet también genera gran cantidad de datos, así por ejemplo cuando se informa del estado, en flotas de automotores o aeronaves o la supervisión de telemetría, entre otras. Todo esto unido a las características del volumen de la información y como se van creando los datos diariamente, arrojan un estimado que puede bordear los trillones de bytes (100.000.000.000.000.000 de bytes). Otro aspecto es el ancho de banda de la red que tiene que ver con la velocidad, donde las tasas de datos se incrementan alrededor de gigabytes, en comparación con tasas comunes de megabits. Adicionalmente se debe considerar la variedad, en el aumento de los tipos de datos sin estructura, como secuencias de video digital, información de sensores y archivos de registro. A la final lo que interesa es la veracidad de los datos, o qué tanto se puede confiar en ellos cuando se

toma de decisiones considerando que es clave mantener los grandes volúmenes de información [1].

Simplemente el conocer que los datos no se han dañado o que provienen de un origen confiable es una tarea difícil. Es por ello que se debe observar y cumplir con los aspectos claves del Big Data, para que las aplicaciones y los sistemas funcionen normalmente [1]-[29].

Como un medio de información, el Internet Archive, es un filtro de datos, se han realizado investigaciones sobre cada problema que se manifiesta frecuentemente; toda la veracidad en el Big Data, en los códigos de borrado y aquellos métodos que se presentan con avanzada tecnología en una síntesis de información y datos, pueden ser muy prometedoras.

Cuando existen fallas en los dispositivos de almacenamiento y los escenarios no son adecuados los datos son susceptibles de dañar su contenido, lo cual ocasiona errores especialmente relacionados con el software, estos si son pequeños y pueden ser controlados por el operador en el centro de datos o por parte del soporte físico, pero durante un cierto tiempo, este panorama cambia cuando se trata de grandes volúmenes de información como es el caso del Big Data, además se debe cuidar la durabilidad y fidelidad de la información, todo esto se está investigando mediante el uso de modelos matemáticos. Ya que con tanta cantidad de datos, mediante medios manuales, utilizando operadores, para que se apliquen y revisen cada contenido para comprobar su veracidad sería simplemente imposible, y aquella pérdida de datos no se podrían detectar hasta el final que exista la oportunidad de consultas y acciones muy rigurosas [1].

1.3. Compresión de datos.

1.3.1. Definición y detalles de la Compresión de Datos e Información.

En ciencias correspondientes a la computación, nos dice que la definición de la compresión de datos, es una reducción en el volumen de datos que están disponibles, para representar un determinado grupo de información, con el objetivo de caracterizar

un empleo de una menor cantidad de espacio. Es de acuerdo a esta información que a este proceso se lo llamará compresión y por efecto contrario se lo llamará como descompresión.

Se puede decir que la compresión de datos es un proceso que realiza una transformación de la información de una forma a otra. Por otro lado también se puede recuperar la información, es decir volverla a su estado original.

En el ámbito computacional y en la información, todo ese conjunto determinado en la codificación de la fuente, la compresión de datos y la reducción del bit-rate, tiende a codificar la información; requiriendo una menor cantidad de bits de la representación original.

Es la compresión de datos necesaria ya que reduce los consumos de gran cantidad de recursos, como sería el espacio requerido en el en disco duro o en transmisión es el ancho de banda.

1.3.2. Clasificación y tipologías en Datos e Información Compresa.

Se debe considerar algunos parámetros muy importantes tales como:

- Redundancia: Como dice su nombre son muy previsibles y son de repetitiva aparición [5].
- Entropía: Es de acuerdo a la información que será esencial recuperable o en si la que es final, su constitución estará manejada por la diferencia entre toda la cantidad de datos de un mensaje y su correspondiente redundancia [5].

La información que transmiten los datos puede ser de tres tipos.

1. La información redundante es la información susceptible de ser repetitiva o predictiva [5].
2. La Irrelevante que es toda aquella información que no es muy apreciable y que

podemos eliminar ya que esto no afecta el contenido [5].

3. La información básica es toda la que su característica destacada y no puede ser relevante, se debe mantener ya que al ser transmitida será la que permita la reconstrucción de la señal [5].

Con estas formas mencionadas de información, se mencionarán tres tipologías de compresión de la información que serán:

1. Se transmite toda la entropía del mensaje sin que exista pérdidas reales con toda la información, pero si se elimina aquella que es redundante [5].
2. Se elimina la información redundante e irrelevante [5].
3. Que conforme se elimina cierta información básica, la reconstrucción será con errores que son perceptibles pero pueden guardar tolerancia [5]. Basándonos en la objetividad de este tema en reducir el tamaño de la información, sin que esto afecte al contenido, pero en esta labor se puede afectar de cierta forma en menor o en mayor calidad de la información.
4. La compresión sin presencia de pérdida con la información y datos, siendo esto explicativamente son similares antes y después del proceso. Con la tipología que mayor compresión demandará, tan solo mayor tiempo de proceso, con el bit-rate variable en el tiempo [5].
5. La compresión con presencia de pérdida, donde se podría eliminar para reducir más el tamaño de los datos, consecuente a que se suele reducir la calidad [5].
6. Cantidad apreciada en bit-rate constante o variable, obteniendo una aproximación que dependerá del tipo de compresión, pero no será igual a la señal original solo se obtendrá una aproximación o similitud [5].

1.3.3. Aplicación de la Compresión de Datos.

Las aplicaciones de los datos logran una acción y escalabilidad a través del almacenamiento y el límite de los recursos juntos, dentro de un ambiente de tipo “run time”. En la habilidad en el diseño y desarrollo destacado en la aplicación de la gran cantidad de datos es directamente dependiente del conocimiento, la arquitectura informática, la plataforma, el hardware y la perspectiva del software [4].

1. La capacidad del procesador (CPU), en los nodos del proceso modernos incorporan a menudo y las tareas van corriendo simultáneamente; esto está conocido como el “multithreading.”
2. La memoria que soporta los datos en el proceso y el límite en la cantidad de memoria.
3. El almacenamiento, dónde los datos son cargados, y de que el datos ya cargados sean procesados.
4. Distribución de recursos.

1.4. Las Wavelets.

1.4.1 Introducción a las Wavelets

De acuerdo al concepto referente al análisis wavelet dispone de estos últimos años relativamente a mediados del siglo XX. Pero que en la parte más actual, esta teoría surge a finales de los 80's destacándose investigadores como Jean Morlet, Alex Grossmann o Ingrid Daubechies [6].

La Transformada Wavelet tiene para su análisis dos tipos de versiones. Es así la primera, es con la Transformada de Wavelet Continua (“C.W.T.”) y con su mayor tipo de aplicaciones requiere generalmente del análisis de datos en el uso, para la determinación representada del tiempo-frecuencia [6].

Existe otro tipo de análisis y se la conoce como la transformada wavelet discreta (“D.W.T.”) dicha así muy eficiente. Tiene propiedades en múltiples tipos de señales para ayudar a la compactación de señal de mundo real, mientras es computacionalmente muy eficiente, en campos como en la integración numérica, la compresión de imágenes, eliminación de ruido, entre otras ventajas de los análisis en señales eléctricas [6].

Es eficiente en el análisis local sobre las señales no estacionarias y de rápida transitoriedad y que de la misma manera que la Transformada de Fourier con la ventana, realizaría un mapeo de la señal conforme a una representación relacionada en tiempo-escala. La diferencia presente en este asunto es que la Transformada Wavelet se da al análisis de multiresolución a través de ventanas dilatadas [6].

Las Wavelets que son bases de la Transformada Wavelet, provienen de la generación de una función que la llamaremos Wavelet básica, a través de las traslaciones y dilataciones y tenemos la opción de reconstruir la señal original con la Transformada Wavelet inversa [6].

Cabe rescatar que la Transformada Wavelet específicamente no puede ser local en tiempo, sino también en frecuencia [6].

1.4.2 La Transformada de Wavelet.

Hablando de una forma simplificada y general de una función $f(t)$ es la descomposición de la misma a través de un conjunto de funciones $\Psi_{s,t}(t)$, como función patrón, de manera que con ello se forma una base y con el nombre de “Wavelets”. Se rige con la siguiente denominación matemática en “(1)” [7].

$$W_f(s, \tau) = \int f(t) \Psi_{s,\tau}^*(t) dt \quad (1)$$

Se realiza multiplicando la señal por una función wavelet y la transformada se calcula de manera independiente separada en distintos tramos o segmentos de la señal conforme al dominio del tiempo. Las conocidas Wavelets se forman mediante la traslación y con el cambio de la escala de la misma función wavelet $\Psi(t)$, que la vamos a mencionar con el nombre de “Wavelet madre”, y se observa en “(2)” [7].

$$\psi_{s,\tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \Psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) \quad (2)$$

Donde: s es factor de escala y τ es factor de traslación.

Por esta razón las wavelets de la función $\Psi_{s, \tau}(t)$, que se han generado de la misma wavelet madre, función llamada $\Psi(t)$, que tienen dos variables (el de traslación “ τ ”) y el de diferente (escala “ s ”), pero en mismo formato tienen todas [7].

Se requerirán factores de escala siempre es $s > 0$. Son dilatadas las Wavelets cuando la escala $s > 1$, y cuando $s < 1$ son contraídas. Cambiando el valor de s se puede alcanzar rangos de frecuencias diferentes. Dando un análisis se visualizará que teniendo valores grandes de s corresponden frecuencias de menor rango, o una escala grande de $\Psi_{s, \tau}(t)$. Con valores pequeños del término s corresponden menores rangos de frecuencias o una escala muy pequeña de $\Psi_{s, \tau}(t)$ [7].

Las wavelets se tienen como copias o versión es escaladas y trasladadas que se las puede discernir en un término de wavelets hijas para una función oscilante en la longitud y en energía finitas destinada a llamarla “wavelet madre” [7].

- Según podemos definir el término wavelet, refiere a pequeño y es esta onda por su nivel oscilatorio por naturaleza, va al hecho de que esta función tipo ventana tiene una longitud que será finita soportable [7].
- A su vez su terminología “madre” nos quiere decir que las distintas funciones con diferentes regiones en el camino de transformación nacen de una principal llamada “wavelet madre”, como prototipo de generar otras funciones ventana [7].

Donde la terminología nos da a entender que la combinación de las dos primeras que son traslación y cambio de escala:

1.4.2.1 La Traslación.

Está relacionado con aquello que sería la localización de la llamada ventana, de manera que se desplaza, conforme la señal, tiene la información del tiempo, pero es con el dominio transformado, no está proporcionado un parámetro que tenga que ver con la frecuencia, sino que aquí el parámetro analizado en “(3),” es la de escala [7]:

$$\text{Traslación} = \Psi(t - b) \quad (3)$$

1.4.2.2 La Escala

En este tipo de requerimiento como es de analizar la wavelet, es similar al tema de los mapas con este mismo término, Está relacionado con una visión no detallada en las altas escalas y a bajas escalas una vista detallada que será referente a la señal [7].

En términos de frecuencia a bajas tendremos altas escalas y viceversa.

$$\text{Cambio de escala} = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t}{a}\right) \quad (4)$$

$$\text{escala} = \frac{1}{\text{frecuencia}} \quad (5)$$

1.4.2.3 Conjunción entre traslación y escala.

Relativo a señales a escalas bajas no tendrían una duración larga, sino que aparecen como picos en función al tiempo, pero en escalas altas tienen una duración durante todo el tiempo [7].

En función a la matemática el escalamiento producirá dilatación o compresión de las señales, sería viéndole así que para altas escalas van con señales dilatadas y escalas pequeñas van a señales comprimidas, naciendo en un mismo tipo de señal [7].

$$\text{Traslación y cambio escala} = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (6)$$

Si analizamos matemáticamente una función como $f(st)$ correspondería a una contraída o comprimida de $f(t)$, si $s > 1$ y dilatada o expandida si $s < 1$ de $f(t)$. Sin embargo en la definición de la transformada de Wavelet, el término de escalamiento

está en el denominador por lo que lo que redactamos en el párrafo se convierte para este caso que es lo contrario es decir las escalas se dilatan con $s > 1$ y se comprimen con $s < 1$ [7]. Aquí cabe rescatar que como dice la incertidumbre de Heisenberg que no se puede conocer aquella información relacionada con el tiempo y la frecuencia, en ejes de tiempo-frecuencia, es decir no se puede determinar en cierto instante ya que se puede conocer únicamente que bandas de frecuencia en un intervalo en escala de tiempo. Por ello una Wavelet madre, dado su tamaño en divisiones se lo puede variar con el sostenimiento de la superficie y es lo que pasa con la Transformada de Wavelet [7]. Es por esta razón que estas dos operaciones, definen el enrejado en el tiempo y en la escala, es decir la wavelet madre representada en el eje inferior si existe una resolución aceptable se estrecha el eje mencionado y se ensancha provocando pérdida de resolución. Así con la variación de la anchura y con el desplazamiento, por aquel eje temporal, se puede obtener el valor de la celda [7].

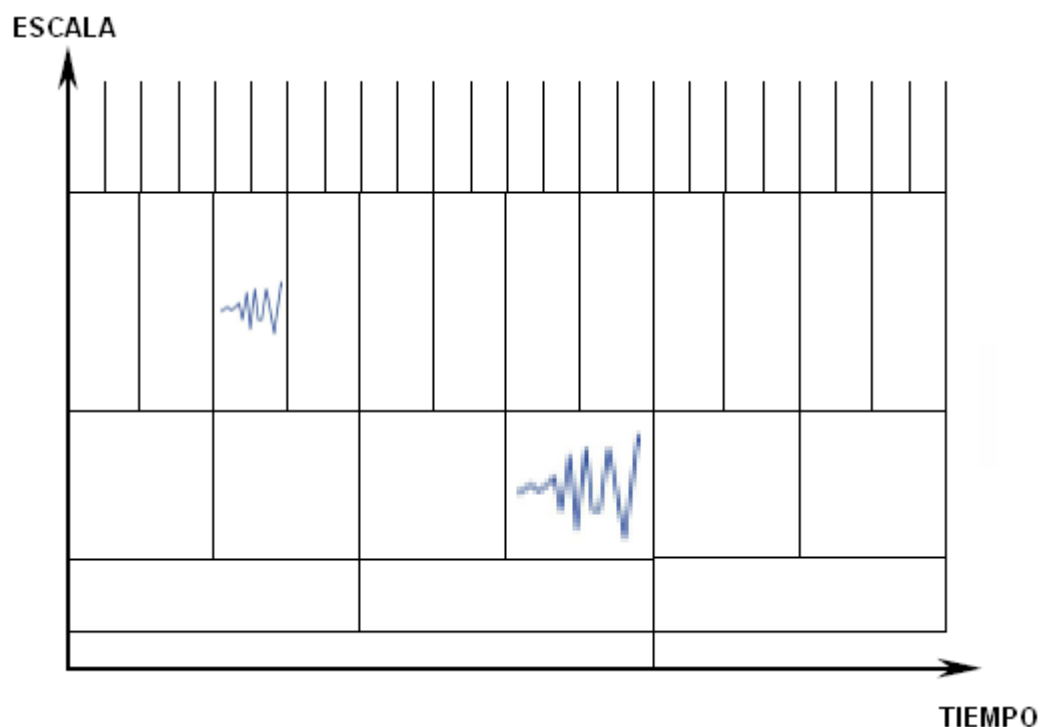


Figura 1.2. Variabilidad de la escala y el tiempo en Wavelet madre.

Fuente: [8]<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94411386007>

Al manejar algún tipo de señal se puede encontrar con fenómenos oscilantes que dan y muestran patrones de frecuencia variables en el tiempo. Por esta razón los objetos que para describir necesiten información conjunta de ambos dominios, la transformada wavelet si lo permite y tiene ventajas sobre la tradicional transformada. Se puede destacar que la wavelet es una función que satisface dos situaciones principalmente.[7].

1. Posee un conjunto continuo de dimensiones, extremadamente pequeño, que tienen una acumulación limitada y finita conforme al dominio relacionada al tiempo [7].
2. Muestra alguna cantidad de oscilaciones en el tiempo. En su primera parte hace a la wavelet de un tamaño pequeño, dándole fácil localización en el tiempo y en la segunda parte condición esta se convierte en ondulada. Se puede decir de una manera explicativa y formal que es la wavelet una representación en serie de una función, siendo esto en un conjunto orto normal a través de funciones de base, en el caso de un de un espacio vectorial a un conjunto tipo [7].

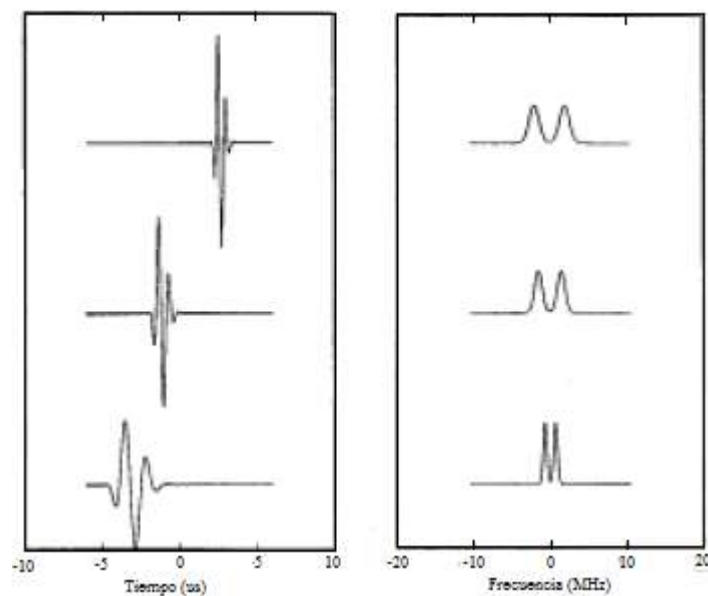


Figura 1.3. Familia generada por dilatación y traslación en tiempo y frecuencia.

Fuente: [8] <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94411386007>

En la “Figura 1.3,” se ve que la dilatación en el tiempo va contrayendo aquellos valores de escala ($s > 1$) corresponde a un estiramiento en el dominio de la frecuencia, es decir, los efectos primarios de aquella dilatación son los siguientes [8]:

- (i) Traslación conforme a su eje a lo largo hacia frecuencias más altas.
- (ii) Una ampliación en el ancho de banda.

Se describe que una función wavelet produce y genera una familia de wavelets conforme sucede su dilatación (estirando o contrayéndola) y en el caso de su traslación en el dominio del tiempo. Es decir, si g es una wavelet entonces el conjunto [8].

1.4.2.4 Clasificación de la Wavelet Madre.

Como un dato importante las Wavelets tienen familias de funciones con respecto al espacio y se emplean como funciones de análisis de una señal o a su vez se agrupan en familias con similares características y su diferencia es por la cantidad de desvanecimientos. Este concepto es de suma importancia debido a que se ve la forma y como la wavelet es de uso para suprimir y su suavidad de la misma se determina a través de “(7),” en el i-eximo momento de la wavelet [6]- [8].

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Psi(t) * t^i dt = 0 \quad (7)$$

Con este dato proporcionado se conoce que una función posee “n” momentos de desvanecimiento conforme a que la integral tenga una igualdad de cero, para un “i” que iría desde cero hasta n-1, con señales de forma y tipo a “(8)” [6]- [8].

$$y(x) = \sum_{m=0}^n C_m X^m \quad (8)$$

Tienen como información en “(8),” cero coeficientes wavelets, por ello el orden de una transformada wavelet se puede dar por el número de momentos de desvanecimiento que posea. Se refiere al momento como un promedio de esta forma si el caso este da cero existe un momento de desvanecimiento, a su vez y los polinomios eliminados de grado inferior [6]-[8].

Como propiedades de las wavelets tenemos que las familias Wavelets según criterios tienen su clasificación por los siguientes puntos [6]-[8].

- Que tengan compatibilidad con Ψ , es decir que la velocidad de convergencia a cero de $(\Psi(t) \text{ o } \Psi(w))$ con “t” en tiempo y “w” tiendan a infinito se puede cuantificar la ubicación de tiempo y frecuencia. Es decir que la Wavelet está definida por Ψ [6]-[8].
- Para evitar los desfases en el desvanecimiento de una señal nos sirve la simetría [6]-[8].
- Otra propiedad es para Ψ o para Φ si fuese su existencia nos sirve los

desvanecimientos al momento de comprimir la señal [6]-[8].

- En el caso de la reconstrucción de la señal, nos sirve la regularidad [6]

Estas características mencionadas se las puede resumir en lo siguiente:

La existencia de la función de escala Φ y la ortogonalidad o biortogonalidad del resultante [6]-[8].

Las familias de las wavelets son amplias y a continuación se recalcará cada una con su respectiva característica [6]-[8].

1. La Familia Daubechies está conformada por los siguientes tipos.

- Wavelet Haar conocida como Daubechies 1 es una secuencia de funciones, es una de las primeras conocidas con un solo momento de desvanecimiento db1. Cumple con requisitos como son la ortogonalidad y biortogonalidad, se comprime no regular y simétrica apegada a la Transformada discreta y continua. Como una desventaja no es derivable al no ser continua, pero sirve para el análisis en transiciones repentinas de señales [6]-[8].
- Daubechies N sin una única expresión el orden “N” nos da la cantidad de desvanecimientos que poseen. Adicional el “N” es el orden de cada wavelet podemos decir que en el caso de Ψ y Φ , la longitud que enmascara la ventana, son de $(2N-1)$ y con ello admitiría un soporte llamado compacto. Todas las Daubechies cumple con requisitos como son la ortogonalidad y biortogonalidad [6]-[8].

2. Las Morlets equivale a una función continua relativa a onda plana que estaría modulada a través de una Gaussiana, no cumple con requisitos como son la ortogonalidad y biortogonalidad. Pero es simétrica no se representa con la Transformada Discreta, pero si con la Transformada Continua [6]-[8].

3. La tipo Sombrero Mexicano es el resultado de la segunda derivada de una

función de probabilidad Gaussiana; no es ortogonal y tampoco biortogonal debido a que el término “ Φ ” no existe y a su vez de la misma forma que el tipo anterior no se representa con la Transformada Discreta, pero si con la Transformada Continua. Y es una forma simétrica de representación [6]-[8].

4. Del tipo Meyer esta familia se caracteriza por ser simétrica esta adecuada para ser intervenida a través de la Transformada Discreta y la Transformada Continua y no de la Transformada Rápida Wavelet. Tiene las condiciones de como son la ortogonalidad y biortogonalidad y si “ t ” tiende al infinito el término “ Ψ ” tiende a cero [6]-[8].
5. La Familia de la Symlets con características apegadas a las Daubechies a nivel u orden bajo que son las que más tienden a una similitud exacta. Presentar en su forma asimétrica gran cantidad de sus funciones pero tienden a una simetría aproximada. Y son de condiciones prácticamente en cumplimiento en la ortogonalidad y biortogonalidad. Se representa con las Transformadas Discreta y Continua. Se destaca que con $(2N-1)$ representa la anchura de la ventana donde “ N ” que es la que se adjunta a la Symlet nos da el número de desvanecimientos igual que en las Daubechies [6]-[8].
6. Las Coiflets es una Wavelet que por la necesidad de Coifman, la desarrolló Ingrid Daubechies, la ventana tiene una función característica de $(6N-1)$ y presentar una mayor simetría que las Daubechies. Característica que presenta al dar mayor número de desvanecimientos con $2N$ momentos de desvanecimientos. Y son de condiciones de cumplimiento conforme a la ortogonalidad y biortogonalidad. Se representa con las Transformadas Discreta y la tipo Continua [6][8]. Cada tipo de las mismas presentan características de mucha similitud y en cuanto varían su orden aumenta [6]-[8].
7. La Familia de las Biortogonales son de tipo simétricas, su propiedad que es necesaria para la reconstrucción de señales llamada de “fase inicial” y las diferencia de las demás; es decir tienen una para el análisis en la descomposición de la señal por ejemplo oscilaciones y otra representación para la síntesis

(reconstrucción de la señal). Su denominación es la de separar cada coeficiente por un punto. Están representadas con las Transformadas Discreta y Continua de Wavelet [6]-[8].

1.4.3 Tipos de Transformadas de las Wavelets.

Hay varios tipos de Transformada en las Wavelets y dependiendo de cada aplicación se toma un método preferentemente a otro luego de esta acotación. La diferencia va de acuerdo a manera de cómo son discretizados los parámetros. Para una señal de la entrada continua, de acuerdo a los parámetros de escala y tiempo, son normalmente de tipo continuo y de acuerdo a ello la decisión más adecuada es requerir la transformada de wavelet continua (“C.W.T.”) [9].

En la otra cara se puede destinar la terminología con la Transformada de Wavelets discreta (“D.W.T.”) [9].

1.4.3.1 La Transformada Continua de Wavelets.

Los wavelet continuos transforman (“C.W.T.”) y se lo definirá en “(9)” [9]:

$$CWT_{(a,b)} = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \Psi_{a,b}^*(t) dt \quad a > 0 \quad (9)$$

Donde se tiene que el $x(t)$ es interpretado como la señal de análisis, $\Psi_{a,b}(t)$ se la definirá como la wavelet madre (característica de un prototipo y para que pueda ser tomada como tal debe cumplir con ser finita en el tiempo y tener un valor medio nulo).

Es aquí donde se puede cambiar la misma mediante un factor de traslación denominada con “b” y la escala a su vez o llamada dilatación se cambiará con el factor denominado “a”. Relacionando al tipo de la escala que se disponga sea en este caso si es alta corresponderá a frecuencias bajas y si la escala es baja tendrá frecuencia alta.

El símbolo utilizado como “*” tiene relación con la aplicación de la conjugada compleja será aplicada en la posición que este caso se indica en “(10)” [9].

Se mapea por a y b dentro de un espacio bidimensional.

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a > 0, -\infty < b < +\infty \quad (10)$$

1.4.3.2 La Transformada Discreta de Wavelets.

La transformada continua de wavelet, genera en su desarrollo una cantidad que en su forma se visualiza como un tren de ondas en los datos, conforme a los cambios que se producen en la escala y posición [9].

Utiliza ventanas de distinto ancho para que en el proceso tiempo-frecuencia a la señal con resolución variable [9].

Esto desemboca siempre con gran carga computacional siendo esto un gran inconveniente. Para solucionar lo mencionado vamos a utilizar la Transformada Discreta de Wavelets (“D.W.T.”), es con esta que en los ordenadores, de acuerdo a ejemplos discretos, se usa valores de escala y tiempo, que se basarán en la relación de las fuerzas de dilatación y traslación. Cabe rescatar que la escala y la traslación son de tipo discretas. Se representa las formulaciones y requerimientos en “(11)” [9].

$$a = a_0^m \text{ y } b = nb_0 \text{ donde: } a_0 > 1, b_0 > 0, m, n \in \text{enteros} \quad (11)$$

$$DWT(m, n) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \Psi_{m, n}^*(t) dt \quad (12)$$

$$\Psi_{m, n}(t) = a_0^{-m/2} \Psi\left((t - na_0^m b_0)/a_0^m\right) \quad (13)$$

Conforme al enunciado de “(13),” podemos llamarla “ecuación discreta madre” y los coeficientes tanto “a” que es de escalado y “b” de traslación; adicional a ello que “m” es de parámetro entero [9].

La DWT, basa su idea en subejemplos de Transformadas de Wavelet continuas, efectiviza el estudio y el tiempo al computarizar es más rápido a la vez, con la Transformada de Wavelet Discreta [9].

La señal se puede de la original recuperar en su totalidad basándose directamente desde su Transformada de Wavelet Discreta, tomando en cuenta que dicha acción en el

tramo que inmiscuya pérdidas de información. Hay que tomar en cuenta que la señal continua de tiempo se la puede representar de una manera discreta, con tal de que la frecuencia probada sea escogida propiamente. Este proceso se hace usando el teorema de Nyquist, la frecuencia convertían la señal continua en una discreta debe ser tan alta como la frecuencia más alto representada en la señal [9].

Como un breve análisis y síntesis de este modo de operación de esta transformada es que la señales pasada por varios filtros pasa bajos y pasa altos, que en si permiten la separación de las porciones de la señal de alta y baja frecuencia.

Una señal de tipo discreta se puede expresar como $f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$, de manera que “n,” es un entero positivo que puede representar el ancho de “f” [9].

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE SOFTWARE Y MANEJO DE DATOS

En este capítulo se abordará los métodos que pueden ayudarnos a manipular los software utilizados con las diferentes herramientas que cada uno maneja y como se tendría que proceder, para que el uno disponga del otro, con la información que se tenga en ese momento, relacionada con las características que dispone; en el caso de exportar los archivos, que necesariamente tendrán una configuración en cada ambiente. De acuerdo a esto vendrá acompañada de selecciones y comandos recurrentes. Todo esto será una síntesis, para llegar a comprimir en el entorno de Matlab, con la hoja de cálculo ingresada en el software y requerir de la herramienta matemática conocida como “Wavelet” utilizada con el fin de comprimir los datos presentes en el Excel.

2.1 Análisis de importación de hojas de cálculo.

2.1.1 Características de importación de una hoja de cálculo.

En la Hoja de cálculo se puede integrar dos productos tanto el de Excel como el de Matlab, a través de un entorno informático con Microsoft. La manera de realizarlo es conectando una interfaz de Excel destinado hacia el espacio de trabajo que converge con Matlab, en esta opción nos permite utilizar la hoja de cálculo y la programación en las macros, tomando en cuenta los beneficios numéricos, gráficos y computacionales del software [10]-[12].

Se puede utilizar hojas de cálculo, pudiendo ser en este caso una macro, para intercambiar y sincronizar datos entre Excel y Matlab, sin salir del entorno del primero. Con un pequeño número de pasos para gestionar el enlace y manipular los datos en la hoja de cálculo de acuerdo al software [10]-[12].

El software Matlab tiene la posibilidad de contar con un componente conocido como "Excel Link" que nos permite crear en las hojas de Excel, botones que darán la opción de importar datos a Matlab y de acuerdo a esto manipularlos con matrices o vectores[10].

2.1.2 Manejo de Opciones de importación en Excel.

2.1.2.1 Configuración de la hoja de cálculo.

La manera de activar los componentes con el procediendo de la siguiente forma mencionada a continuación:

Al abrir Excel, se puede ingresar dándole un clic en el respectivo “botón de Office”, como se muestra en la “Figura 2.1.” que nos muestra, en la izquierda de la hoja, un cuadro que se abre consecuente al efectuar dicha acción, donde se visualiza la tecla con el nombre de "Opciones de Excel" en la parte inferior del mismo, al seleccionar la opción con el nombre de "Complementos", se colocará en nuestra ventana una opción ubicada en la parte inferior y dice "Administrar"; allí en la pestaña existe una lista en un grupo donde se seleccionará la mencionada como "Complementos de Excel" y seguidamente se presionará en "Ir", para que podamos en esta parte buscar mediante una selección "Examinar" [11].

Es aquí donde se dará la ruta de la ubicación del programa y adicional a ello se seleccionará las herramientas para cargar los botones mencionadas acatando la siguiente ruta: Equipo> C> Archivos de programa> MATLAB> toolbox > exlink > excllink.xla [10].

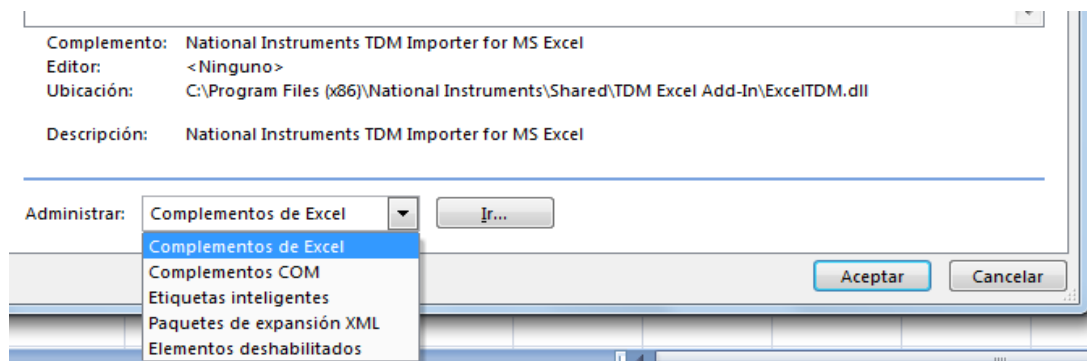


Figura 2.1. Configuración de administración para exportar la hoja de cálculo.

Fuente: Christian R. Orbe

Al seleccionar el archivo “excllink.xla” y al aceptar, se podrá visualizar la ventana “Complementos” y es donde aparece el "Excel Link 2.3 for use with MATLAB", dar

clic en aceptar. En Excel ya con este procedimiento aparecerá una nueva pestaña llamada “Complementos”, que incluirán cuatro botones llamados con la siguiente denominación [10]:

- Startmatlab
- Putmatrix
- Getmatrix
- Evalstring

Como se mira a continuación en la “Figura 2.2.”:

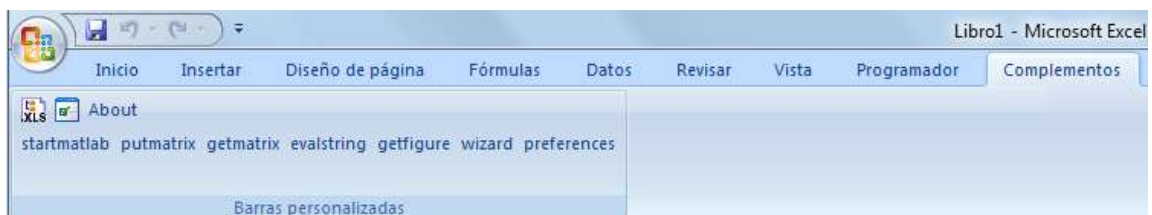


Figura 2.2. Botones de manipulación y comunicación Excel entorno Matlab.

Fuente: Christian R. Orbe

En esta versión de Matlab y Excel, se tiene estas opciones con estas referencias visualizadas seleccionables a través de la necesidad que venga de requerir de las mismas, gracias a este menú que nos permite una facilidad, el proceso de importación de una hoja de cálculo hacia otro software que este caso será Matlab [10].

2.1.2.2 Opciones de selección para exportación de una Hoja de Cálculo.

Mediante estas opciones debemos colocar según corresponda cada una de las opciones presentadas a continuación.

1. Con el botón "startmatlab" se puede abrir Matlab. Cabe rescatar que al iniciar esto siempre que inicie el Excel se abrirá el Matlab por defecto debido a que si esto no es lo que uno desea, se debe desactivar el complemento referente al Software mencionado, para que no ocurra en ocasiones puntuales [11].
2. El botón llamado "putmatrix", nos ayuda a exportar los datos de Excel a Matlab y darle el formato requerido.

Pero inicialmente se debe seleccionar los datos, para que posteriormente se le dé un clic en esta opción, es allí donde aparece un cuadro que nos solicita el ingreso de un nombre para la variable que llevarán los datos a exportar. El beneficio de esto es que da la libertad de seleccionar y exportar aquellos datos de acuerdo a como lo estructuraremos [11].

3. El botón llamado "getmatrix" que inicialmente importa datos de Matlab a Excel; a través de la selección que nos solicita con los nombres respectivos de la variable que se va importar, al aceptar este proceso se copia los datos sea el caso de matriz o de vector en la celda que se seleccione Aquí se puede buscar las matrices ya creadas y aparecerán en la ventana de Matlab de acceso rápido donde se puede revisar como están estructuradas directamente en este ambiente de Matlab [11].
4. El botón "evalstring" trabaja con comandos y se puede "evaluar" en Matlab. Es en si una ventana que permite enviar datos y comandos referentes al software mencionado Es decir cualquier comando que se maneje normalmente en el ambiente de Matlab se lo puede direccionar desde el Excel con los mismos formatos y se ejecutará en el software su ejecución, facilitando el uso sin necesidad de ir directamente al software Matlab para enlistar e iniciar la tarea.

2.2 Estructura de información y datos en Matlab.

2.2.1 Detalles del entorno de Matlab a la importación de datos.

En el software de Matlab es comúnmente requerido para el análisis de datos de tipo experimental que provienen de distintas fuentes, dicho así que entre software se mantengan un interfaz entre uno y otro. De tal manera existen maneras y formas distintas de procesar aquellos datos externos sea de importarlos y exportarlos desde y hacia MATLAB. En la utilización de los comandos necesarios para entablar una interacción entre la hoja de cálculo y enviarla para ser leída por el software Matlab, requerimos de comandos, que facilitarán y ayudarán a ingresar, los valores presentes en

el Excel y enviarlos al programa matemático y con ello tener un análisis de los dos medios [1].

2.2.2 Comandos para la importación de una hoja de cálculo hacia Matlab.

Matlab tiene los comandos tales “xlswrite” y “xlsread” que podrán permitirnos escribir y leer desde la hoja de cálculo que dispongan con la extensión “.xls”, (Lo mencionado es que esta propuesta trabaja bajo los ambientes que se tienen de Windows, con la condición con la cual es necesario que se encuentre cargado en un servidor [13].

1. Para ello tenemos un comando llamado “xlsread” y lo manipularemos con la siguiente sintaxis que es:

$$[\text{num}, \text{text}] = \text{xlsread}(\text{NombreArchivo}, \text{Hoja}, \text{Rango}) \quad (14)$$

Donde:

- Num: Es referente a una matriz de tipo numérico, donde serán guardados todos los datos numéricos, que se hallen dentro de la hoja y con su rango especificado [13]. Devuelve en este caso lo que destinemos aquí los datos de la parte numérica.
- Text: Es la matriz de tipo celda, con lo cual en ella se guardaran todas las cadenas que se encuentren dentro de la hoja y el rango especificado. Cada cadena se procederá a guardar en una celda, dentro de la matriz, adicional a que de ser el motivo, podemos recalcar que se distingue de mayúsculas y minúsculas. Devuelve en si aquí los de texto en donde en el formato coloquemos su ubicación [13].
- Rango: Es el de las celdas en donde se leerá aquella información. Por ello este parámetro debe ser de tipo cadena es decir un ejemplo detallado sería ‘Ax: Bx’ [13].

Las celdas que se encuentren vacías o el texto con de la misma forma, retornan con el formato “NaN” a través de la data numérica. Este comando realiza una importación de información de los datos, desde una hoja de cálculo a una variable que será tipo

array[13]:

2. Adicional a ello tenemos una forma, que sería una mucho más interactiva con el comando “xlsread” que está disponible y se lo puede seleccionar de la hoja Excel y de las celdas de una forma más directa, para su uso y se detalla de la siguiente forma:

$$[\text{num}, \text{text}] = \text{xlsread}(\text{NombreArchivo}, -1) \quad (15)$$

3. Con el uso de este comando se ejecuta de tal manera que se abre el software Excel de acuerdo al comando solicitado y mencionado con la extensión .xls y con ello un popup de MatLab para que se presente la opción para conocer que parte del documento se desea seleccionar con respecto a las celdas que se requiera y al finalizar aquello con dar un clic en el botón “ok” [13].

Una solución que es inicialmente con la que se debe guardar el archivo referente, con la información y los datos en el software Matlab; mediante el formato de una matriz; ya que el archivo será una hoja de cálculo Excel, es por esta razón que la manera más sencilla es requerir del uso del comando, “Import Wizard,” que es un tipo de asistente de importaciones, accedemos a él, dándole doble clic y refiriéndose al archivo en la ventana de directorio actual para iniciar con el “Import Wizard”, ubicándose en el “import data” en la pestaña “File,” como se visualiza en la “Figura 2.3” [14]:

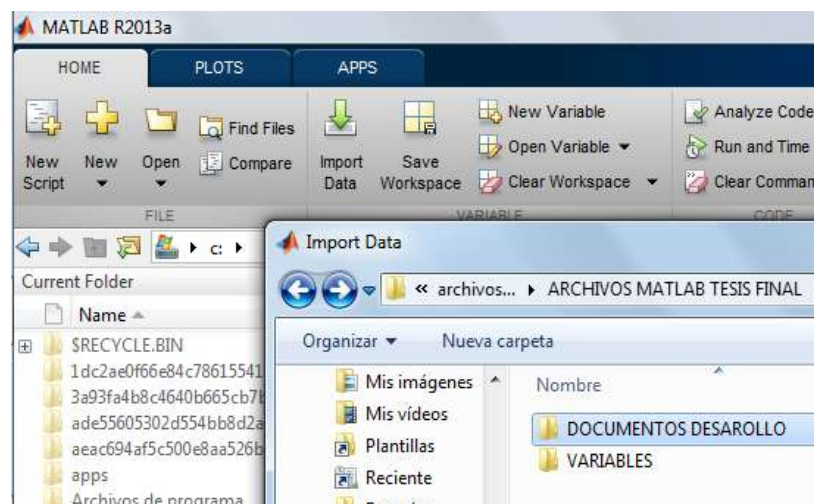


Figura 2.3. Acceso al Import data a través del menú de Matlab.

Fuente: Christian R. Orbe

Realizada el Import Wizard se completa la ejecución y en la ventana referente al área de trabajo aparecerá el nombre de las variables con los “Sheets” u hojas de cálculo;

respectivamente según como se encuentran ubicados en la misma [14].

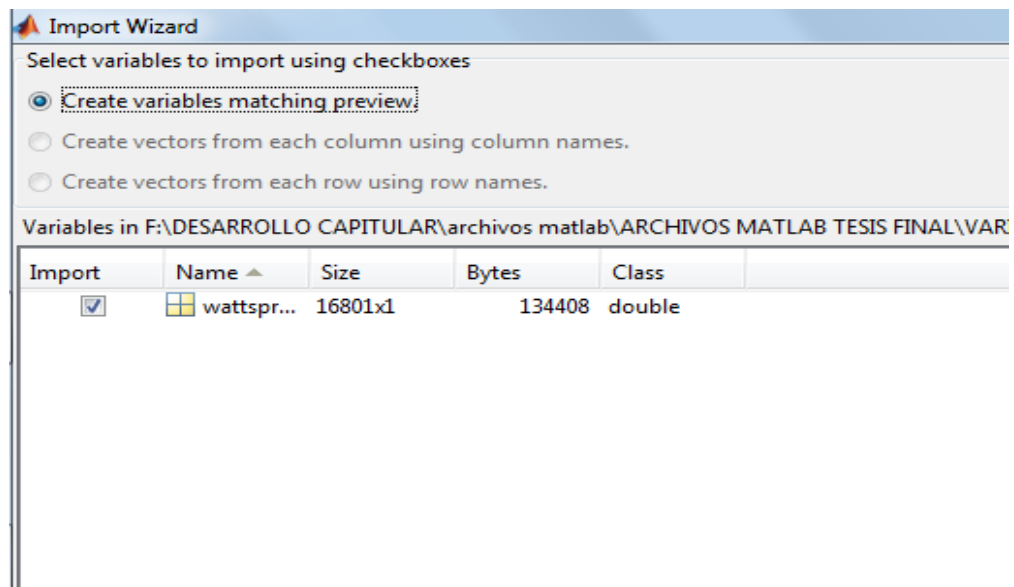


Figura 2.4. Acceso y visualización de opciones en el Import Wizard en el menú de Matlab.

Fuente: Christian R. Orbe

Adicional a este procedimiento podremos con el archivo de extensión “.xls”, cargado en "All files", directamente en el casillero "Current Directory", la siguiente acción para ejecutar el "Import Data". Se abre una ventana como la mostrada en la “Figura 2.5.”.Y tenemos dos opciones: La una que será de crear inicialmente variables como muestra Matlab igualando el “preview” o a su vez creando vectores en cada columna; pero eso dependerá de que se requiere de acuerdo a cada necesidad y el planteamiento con los datos [14]:

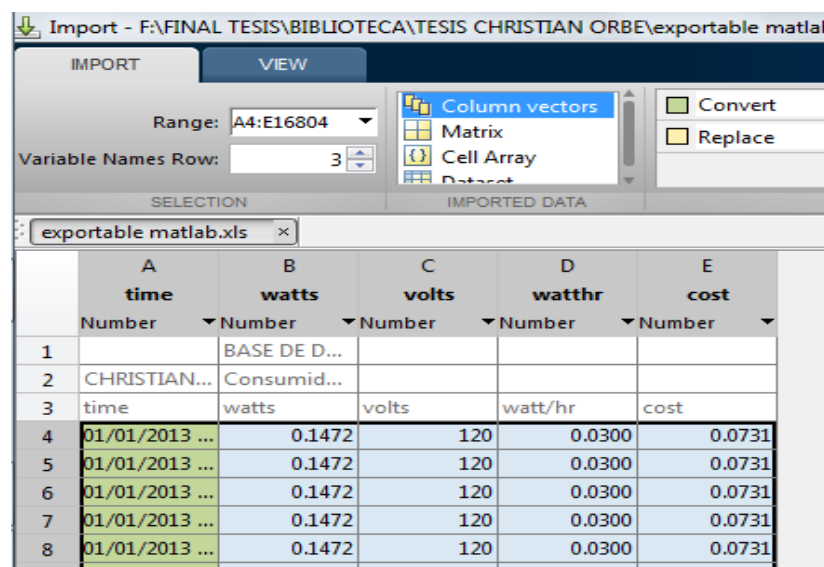


Figura 2.5. Acceso al Array Editor y detalles del Workspace en Matlab.

Fuente: Christian R. Orbe

Tenemos a su vez la opción de migrar el archivo, mediante el paso que consiste en

trabajar en el entorno de Matlab y en la parte superior derecha, que en este caso será el "Current Directory", en donde se colocará la ubicación referente a la carpeta de destino, que es el lugar donde se ha guardado el archivo Excel [14].

En este grupo de acceso tenemos el primer paso que consistirá en el entorno de Matlab y que debemos ubicarnos en la parte superior directamente en el "Current Directory", es aquí donde estará registrado el lugar de la carpeta que contiene el documento de Excel. Esa ruta será la que Matlab tendrá para localizar a la hoja de cálculo; como se visualiza en una parte de la "Figura 2.3."

Es muy importante tomar en cuenta que nuestro entorno en la parte izquierda nos indica las carpetas y archivos que están en esa ruta, para seleccionarlos así:

- Con relación al "Workspace", podemos observar las variables que se definieron en la pestaña "Editor" y que nos indica los scripts que estén abiertos[14].
- Con la pestaña referente al "Array Editor" tenemos aquellas variables en forma de matrices o vectores [14].
- En la opción visual del "Command History" encontraremos todos los comandos que se emplearon en el "Command Window" [14].

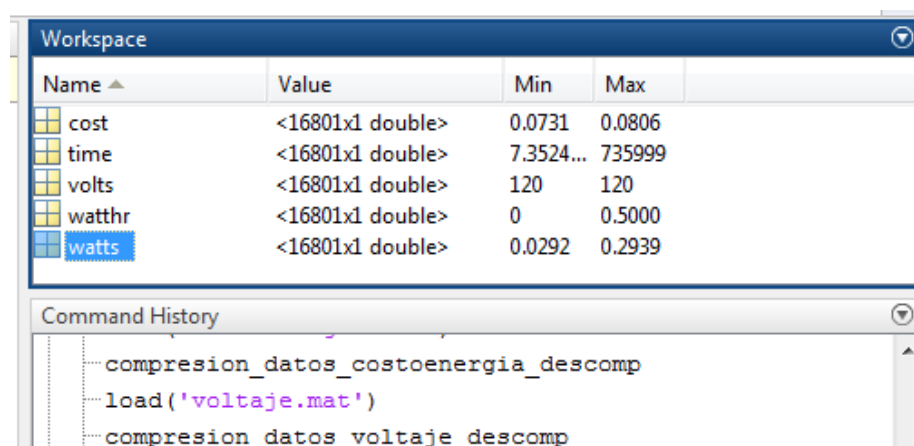


Figura 2.6. Panel de Acceso al Current Directory, Workspace y Command History.

Fuente: Christian R. Orbe

2.3 Wavelets aplicada a información y datos.

El problema con la transformada de Fourier es que el análisis de frecuencia no puede ofrecer en la frecuencia una buena resolución al igual que con el tiempo. La Transformada de Fourier no da la información referente al tiempo con una frecuencia en particular ha ocurrido en la señal. De la transformada de Fourier no es una herramienta eficaz para analizar las señales no estacionarios. Las wavelet se transformaron en una respuesta que localiza la señal tanto en dominio de tiempo y de frecuencia [22].

Una desventaja mayor de la Wavelet Discreta “W.D.” y Wavelet Continua “W.C.” es su simetría; que puede causar en las fronteras de las sub-bandas de la wavelet.

La “W.D.” es asimétrico mientras “W.C.” es casi simétrico. La simetría en el wavelets sólo puede obtenerse si nosotros estamos deseosos de dar un resultado de compactamiento. Si nosotros queremos la simetría en la señal y la compresión se mantenga en la wavelets, se debe relajar la condición ortogonal y permiten las funciones de wavelet no ortogonal [22].

Con la Wavelet Multitono de tipo discreta (“D.W.M.T.”) para modular y además para de modular. Requiriendo la transformada de wavelet discreta, como una función base en aplicaciones inalámbricas. La importancia de la (“D.W.M.T.”) en la comunicación inalámbrica. La transformada de wavelet discreta, ha permitido tener una posición que puede como tal, establecerse en señales, investigación e industria. Las primeras estructuras que inicialmente eran basados, en compactos soportes de filtros de cuadratura conjugada (“C.Q.Fs.”) [15].

La compresión de señales que puede observarse, es reconstruir a través de la ejecución de bases de las wavelets como las de Daubechies. Con el envejecimiento que se presenta con la infraestructura eléctrica se produce barreras que están creciendo para acomodar las demandas del cliente, en su complejidad de consumo y acoplarse a la tecnología. Un esfuerzo por recoger la medida de información eléctrica, estos fasores estarían en las unidades (“phasor measurement units P.M.Us.”) y en dispositivos de medición mayores como los que se los puede realizar en “WAMSs” [15].

Por citar un ejemplo en el Valle de Tennessee con los “PMUs”, se pueden transmitir 30 veces por segundo, al archivar las medidas y se alcanzarán 150 millones de veces por hora. El espacio que pide este almacenamiento, alcanzaría 36 gigabytes por día. Por esta razón, el uso de técnicas que ayuden a la compresión de datos, será indispensable, para mitigar la carga de los sistemas de comunicación y la utilización del almacenamiento [15].

No hay que olvidar que la compresión de los datos, es muy importante y valiosa; toda esa información contenida en ellos por este mismo motivo, debe conservarse en su estado y precisión. Se requiere que esta compresión sea de la siguiente manera [15]:

- Que los datos relacionados a los sistemas de energía, pueden comprimirse en los puntos de envío, ya que en estos términos se vaya a inyectar en cantidades referentes, a los datos compresos y vayan de esa manera a los sistemas de comunicación [15].
- La compresión deberá guardar y mantener la integridad que es valiosa en la información que contiene los datos [15].
- Que la información compresada pueda reconstruirse en una integridad muy cercana para su estudio y análisis en los terminales de recepción [15].

El objetivo es una aproximación que se acerque a través de wavelet, en lo referente a la compresión de la información, por un proceso que converja un análisis de múltiples resoluciones “M.R.A.” en las transformadas de wavelet “W.T.”, que pueden ser en una descomposición ortogonal en series de tiempo, con los coeficientes escalares “S.Cs.” y los coeficientes referentes a las wavelet “W.Cs.” a su vez los datos no muy importantes o triviales, puedan anularse y aquellos puntos tales que su tamaño global de esos datos pueden ser compresos. Y por supuesto que con la Transformada de Wavelets sea cercana satisfaga una reconstrucción perfecta en la serie inversa “M.R.A.” Con el desarrollo de las técnicas computacionales y de multiresolución con el rápido desarrollo online, así es conveniente y factible empotrar una compresión de datos con las wavelet, basado en los dispositivos de monitoreo, a través de algoritmos, donde los datos deberán ser compresos antes de que envíen; que los mismos datos provoquen congestión [15].

Se puede adicionar que la Transformada de Wavelet es capaz de deprimir la onda sinusoidal y ruido blanco en los datos que aparecen en comunicación, con esto se puede ayudar al pre-proceso de los datos en los aparatos de medición [15].

2.4 Estudio de compresión de información en Matlab

Existen herramientas para las wavelets que son una recopilación de funciones que se han desarrollado en el cálculo matemático en los ambientes de Matlab. Dicho así estas herramientas permiten un análisis y síntesis de señales y herramientas que darán la posibilidad de un análisis estadístico, utilizando wavelets y paquetes de wavelets.

Estas herramientas son dos, una de ellas es las funciones en la línea de comandos que es una categoría de herramientas que están hechas de funciones que pueden llamarse directamente desde las líneas de comandos o de aplicaciones propias. Una declaración de este tipo es "type function_name". La segunda es la herramienta del interfaz gráfico como se muestra como "wavemenu" [10].

La Compresión de los datos que se ofrece de una base del wavelet que se ha dado, se une principalmente a la relación de lo relativo a la escasez de la representación de dominio de wavelet a través de la señal entregada. Aquí aplicamos una noción que esta junto a la compresión, mediante al concepto del o los componentes que se ha podido señalar, regular y que son susceptibles de aproximación. Mediante la aplicación de los elementos como un número pequeño de coeficientes de aproximación que estarían a un nivel adecuadamente que se podrá escoger y algunos de los coeficientes como la supresión del ruido, en la compresión se tiene tres pasos [17].

- Se lo descompone y se escoja un tipo de wavelet, mediante la selección "N". Se digitaliza la descomposición de la señal "s" a un nivel "N" [17].
- Con los coeficientes del detalle "Threshold," para cada nivel que irían desde 1 a N, un "Threshold" y se seleccionará el thresholding más fuerte a los coeficientes de detalle [17].

- Se lo reconstruye a la wavelet mediante aquellos coeficientes de la aproximación original de aquel nivel "N" y con los coeficientes de detalle modificado con los del nivel que va desde 1 a N [17].

La diferencia que señala entre la supresión del ruido es tomando en cuenta el procedimiento anterior que hay dos compresiones aproximadas disponible. El primero consiste en la toma la expansión del wavelet y de la señal; guardando aquellos coeficientes de valor absolutos más grandes [17].

Con este paso se puede obtener un "threshold," una acción de compresión, o una actuación de recuperación de norma cuadrada relativa. De esta manera tan sólo un parámetro esta susceptible de ser seleccionado. El segundo acercamiento va en determinar los niveles dependientes de "threshold," visualmente determinados y que serán aplicados [17].

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE WAVELET EN MATLAB

En este capítulo se tratará sobre la manera que se tomará con la señal individual del consumo de energía eléctrica y se aplicará el artificio matemático conocido como wavelet para comprimir su estructura de tal manera que sus niveles y la familia seleccionada de la Wavelet sea la más idónea para generar un porcentaje de energía conservada y un valor porcentual de ceros bastante significativo debido a que esto ayudará a recobrar la señal original con la que se maneja inicialmente en este proceso. Los volúmenes de compresión tiene que ver mucho con la aplicabilidad de un comando determinado de Matlab que es el que dará la función para disminuir los umbrales seleccionados y con ello dar una compresión de señal adecuada.

3.1 Importación de hoja de cálculo a Matlab.

A través del comando "xlsread" desde el "File" de usuario, para importar una matriz desde el Excel ubicado en un archivo, que contenga la hoja de cálculo hacia el área de trabajo de MATLAB. Cabe rescatar que se puede importar los datos indistintamente de cualquier hoja de cálculo y explícitamente con cualquier situación de ubicación de la misma. Se tiene opcionalmente con el "xlsread" y con esto se abría una ventana de Excel, que podría mostrar el archivo y de una forma interactivamente se la seleccione y el rango de datos que se destinarán directamente para su lectura, a través de ésta función. Las entradas mediante el "xlsread" son por medio de los detalles siguientes:

Con el nombre asignado al Excel, la Matriz de archivo de hoja de cálculo que en este caso vamos a importar, el nombre de la hoja de cálculo o "sheet," de donde se va a leer los datos, que en este caso las celdas de la hoja de cálculo como tal y su rango, la ruta del Excel por Windows, por medios gráficos o por medios básicos.

Hay tres tipos de salidas separadas del "xlsread" que son:

- Los datos numéricos
- String
- Cualquier celda sin procesar.

Todo dato que en el proceso sea su contenido y en la lectura de un Archivo de extensión “xls” o “xlsx”, se debe importar tan solo los datos numéricos. Se usa el “xlsread” con un solo argumento de retorno.

El“xlsread,” ignora cualquier fila o columna principal de texto en el resultado que no abarque nada, es decir que en su contenido este vacío pero tomado en cuenta por borrado y se lo denominará mediante un “NAN.” Para importar datos numéricos y datos de textos diferentes, se debe especificar ambos valores del retorno por el "xlsread" en el corchete inicial del formato de su ecuación del mismo con los nombres para cada uno respectivamente.

Se puede explorar la señal del consumo de energía mediante el análisis, a través del software Matlab. En las versiones últimas del software existe la ventaja de acceder directamente por el menú de herramientas de acceso; para el ingreso de la hoja de cálculo, la misma que se la ubicará en la pestaña del “Import Data” y que dispondrá del proceso que se menciona en el Capítulo I y al momento facilita nuestro envío de información al entorno de Matlab. Buscando siempre la ruta de destino o ubicación del documento como se lo visualiza en “Figura 3.1,” se encuentra ubicado todo el procedimiento a realizar.

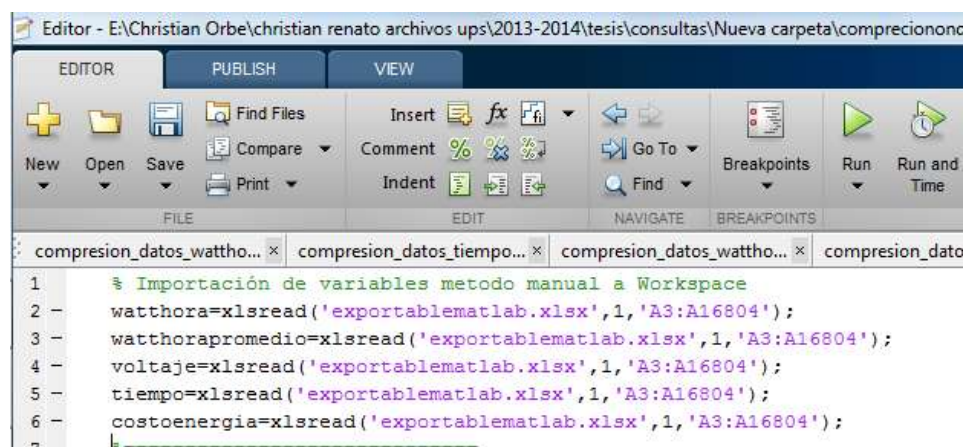


Figura 3.1. Importación del documento Excel al Workspace mediante selección gráfica.

Fuente: Christian R. Orbe

Existe un forma para ver, como está distribuida toda la información de las columnas, que nuestro caso, es el archivo de consumo de energía eléctrica que da la información de energía voltaje y consumo en varios tiempos de análisis; es este documento el que

está en cinco columnas las mismas que están visibles en “Figura 3.2,” varias de estas variables se encuentran debidamente destinadas mediante una matriz.

A	B	C	D	E
time	watts	volts	watthr	cost
Number	Number	Number	Number	Number
	BASE DE DATOS ...			
CHRISTIAN ORBE	Consumidor Resi...			
time	watts	volts	watt/hr	cost
01/01/2013 5:00:00	0.1472	120	0.0300	0.0731
01/01/2013 6:00:00	0.1472	120	0.0300	0.0731
01/01/2013 7:00:00	0.1472	120	0.0300	0.0731
01/01/2013 8:00:00	0.1472	120	0.0300	0.0731

Figura 3.2. Uso del comando Import Data de opción gráfica en menú con las filas importadas.

Fuente: Christian R. Orbe

Existe de esta forma la facilidad en versiones de Matlab, posteriores a la versión del 2010 este acceso gráfico más dinámico y que nos facilita la actividad con este entorno ya que en momentos en que no hay el conocimiento de todos los comandos, para generar un debido proceso con algunas opciones, que son las más necesitadas y ocupadas del software.

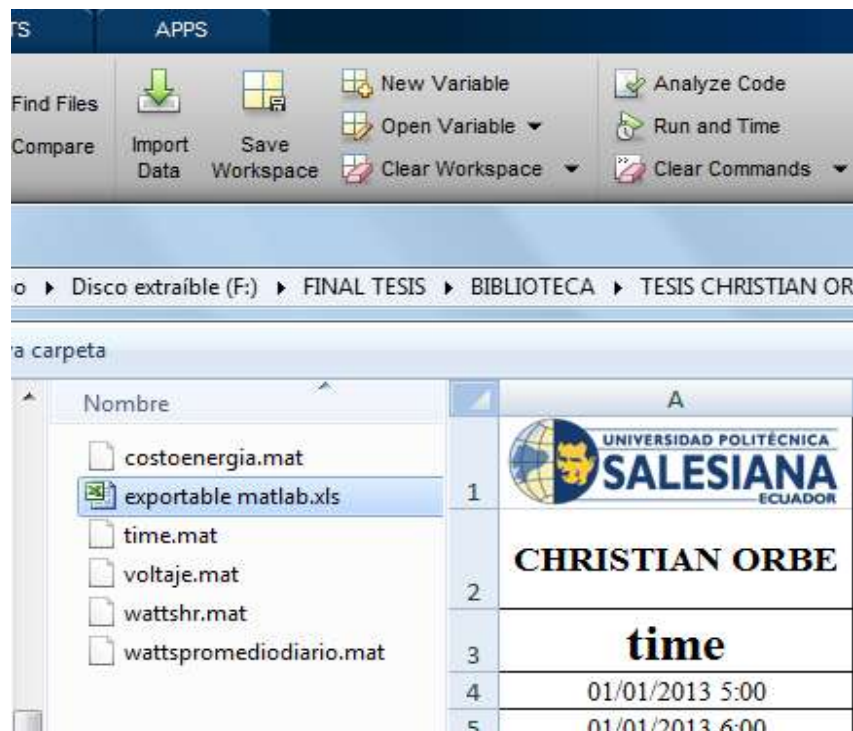


Figura 3.3. Variables generadas en el ambiente de Matlab y señalización en el Workspace.

Fuente: Christian R. Orbe

Con respecto al documento de uso que contiene la información de datos de medición de energía eléctrica residencial y que es para la compresión se la ve en la “Figura 3.3,” es una matriz de dimensiones 16795x5, y que marca un consumo de energía desde el 2013 a la fecha de elaboración del presente documento.

3.2 Compresión de información utilizando Wavelet.

Con la opción de selección de la Wavelet más apropiada, para el caso puntual; ya que esta juega un papel totalmente importante, al momento de escoger la más idónea y luego al momento de minimizar el error relativo. Con la Wavelet en los instantes que esta desaparece (cuando se aplica el inverso de la wavelet de la señal), ésta proporciona una calidad en proceso de la reconstrucción, ya que se genera menos distorsión al momento que se la procesa. Con el dialecto mencionado anteriormente, se concentra aquella energía señalada en los coeficientes cercanos; sin embargo la complejidad computacional de la “D.W.T.,” en los aumentos del número de momentos de disipación de la energía que se pierde y se retiene, de acuerdo a la aplicación relativa al trabajo que se procede se tiene el condicionamiento que será en tiempo real. Se recomienda, que no es práctico usar la wavelet con un número arbitrario al momento de desaparecer la misma. El Nivel con que se maneja la Wavelet al momento de la descomposición de una señal en la frecuencia, se lleva a cabo; escogiendo la función de la wavelet; computando la misma con la Transformada de Wavelet Discreta; con esto ya se diría que depende del tipo de señal con que se analice [18].

Influirá de acuerdo a los niveles que se utilicen y dependiendo de su “thresholding,” el resultado consistiría en la aplicación de la compresión, para cada nivel de composición en la Transformada de Wavelet. El valor del “threshold” requerido para nuestro caso dependerá de la compresión [18].

Los pasos para la compresión de los datos se pueden recalcar de la siguiente forma:

- La descomposición se la realiza al escoger un wavelet puntual y se elige un nivel “N”. Por ello se computarizará la descomposición de la wavelet a la señal al nivel mencionado [19].

- Para cada nivel que irían desde 1 a “N”, se selecciona un “threshold” y éste será aplicado [19].
- En la reconstrucción se toma la wavelet, utilizando el coeficiente de la aproximación de un nivel “N” y modificando el detalle de los coeficiente de los niveles que van desde 1 a “N” [19].

De acuerdo al método aplicado se tiene que si la señal, con referencia al tiempo es la original, se descompone en la transformación de tiempo-frecuencia, dentro de los grupos de coeficientes, cada uno de estos representa un aproximado con un ancho de banda apropiado a la señal [19].

Los coeficientes que estén dentro de las frecuencias más bajas, se dispondrá que el ancho de banda, que va tener será en amplitudes más altas y al contrario si éste pertenece a una frecuencia más alta, los anchos de banda que tiene la señal serán con amplitudes más bajas [19].

De esta manera si el número de coeficiente que se tienen, se cierran en amplitudes absolutas, serán puestos a cero; es decir se omiten. Cabe mencionar que si la compresión se la realiza, con estas características, posteriormente al momento de reconstruir la señal, no se presentará un impacto grande. El método nos dice que el valor del coeficiente que tendrá una amplitud absoluta lo pondrá a cero, es decir si el valor absoluto del coeficiente, está debajo del umbral prefijado. Este se lo llama como “thresholding” y es muy importante seleccionar el apropiado valor, ya que esto es muy significativo; debido a lo siguiente parámetros recalcados a continuación [10].

- Con un “threshold” más grande hay una excelente compresión pero la distorsión podrían aparecer en la reconstrucción de la señal que se está afectando [19].
- Con un valor de “threshold” más pequeño se tiene una compresión muy pobre pero en la reconstrucción de la señal se verá una muy similar a la original [19].

Para cambiar la energía retenida en el proceso y el número de los valores de ceros, se

debe intervenir en un valor del umbral o “threshold” que se lo variará. Con un valor por debajo de éste se ponen los coeficientes a cero. Con valores más altos de “threshold” la mayoría de los ceros puede “setearse”, pero gran parte de la energía se pierde. El “thresholding” puede hacerse como global o local. El “thresholding” global involucra un mismo valor de “thresholding.” El local involucra un valor diferente por cada subbanda de la señal [25].

Cuando el valor del “threshold” se pone a cero se retiene la energía en un 100% y la compresión es a menudo sin pérdida. Si cualquier valor se cambia, entonces la energía se perderá llevando a una compresión con pérdidas. Se debe tener muy en cuenta que durante la compresión, la retención de energía y el número de ceros debe ser tan alta como sea posible. Muy frecuentemente se puede decir que a mayor cantidad de ceros se puede tendrá mayor energía pérdida [20]- [21].

Con respecto a la función denominada “wavedec,” esta nos ayuda a un cálculo de aquella señal tratada, a través de la wavelet seleccionada y del nivel al cual se va a colocar. Permite almacenar valores que tienen que ver con la fluctuación y la tendencia en uno solo, que estará denominado con la letra “C” y con respecto a “L” que están destinadas a las longitudes. Este comando requiere de tres argumentos la señal inicialmente, siguientes serían los niveles de descomposición y en otro el tipo de wavelet que se aplicará.

Mediante los comandos que se manejan, se explica a continuación, los ingresos realizados y posteriormente se explicará cada parámetro de la siguiente forma para el software Matlab [2]:

$$[THR, NKEEP] = wdcbm(C, L, ALPHA, M) \quad (16)$$

El comando anteriormente mostrado muestra los ingresos referentes al “thresholds,” que son de niveles dependientes, se ha denominado como “THR” y con los números de los coeficientes, esto se los guardará en un lugar denominado “NKEEP,” que en el caso puntual de la investigación, sería la compresión de información. El término “THR,” se lo obtendrá, usando los conceptos de Birge-Massart, en esta toma de coeficientes wavelet, con el formato [C, L] que sería la estructura de la descomposición de wavelet para cada señal.

Seleccionada para la compresión, con niveles señalados a continuación [2].

Este método se influirá en gran forma a través de los siguientes parámetros:

- Con su nivel o a través de otros valores más complicados de “thresholding”, esto dependerá de su intervalo y su disponibilidad. Para establecerlo por “default” va con un “Scarce” alto, pero existe la opción de disponer de niveles bajos y medios. Estas dispersiones de la denominada “a,” que van desde un intervalo mayor a 1 y menor a 5. Preferentemente para el caso de la compresión, utilizaremos un valor de 1.5 para nuestro caso.

Los métodos empíricos, donde se debe tener un balance igual, a la que establece la norma para la dispersión y con ello la de retirar los ceros que son los que van a delimitar la compresión en un porcentaje mayor o menor. En este caso al nivel de “(14)” [2].

$$j = \text{length}(L) - 2 \quad (17)$$

- “ALFA” y “M” son mayores a 1 [2].
- THR es un vector que tiene una longitud “j”. Es este término “THR (i)” el destinado a un nivel “i” [2].
- NKEEP es un vector de que tendría una longitud “j”, contiene este término que tiene referencia un índice “NKEEP (i),” que es el número de coeficientes contenidos y que serán guardados en un nivel determinado.
- Para los parámetros “j”, Alfa y “M.” Se debe considerar como aspectos destacados e importantes, para desarrollar el objetivo de compresión; que en un nivel j+1, en los niveles más comunes, serán todos los que se guarden en (18) [2]:

$$n_i = M((j + 2 - i)^{\text{ALPHA}}) \quad (18)$$

Considerando de (18) que para un nivel “i,” que va desde 1 a “j,” se tendrá en cuenta en “(15)”, los coeficientes “ni” que son los más grandes [2]:

Cabe rescatar que en los niveles expresados para “ALFA,” son basados en un valor de 1.5 recomendados para la compresión y con el motivo de conocimiento general para suprimir el ruido en una señal, irán con un valor de tres para ese caso puntual [2]. Con un valor predefinido, se destaca que “M,” será igual a “L (1),” con estos números y a través de los coeficientes más comunes de aproximación, van con todas las fórmulas

anteriores a través de “(16)” [2]

$$i = j + 1 \quad (19)$$

$$n_j + 1 = M = L(1) \quad (20)$$

Se puede tomar en cuenta una recomendación para los valores de “M,” van desde L (1) a $2 \cdot L(1)$ [2].

$$\text{wdcbm}(C, L, \text{ALPHA}) \approx \text{wdcbm}(C, L, \text{ALPHA}, L(1)) \quad (21)$$

En referencia al comando “threshold,” este umbral nos da el significado que cualquier elemento de la señal cuyo valor está menos que el colocado o seleccionado a través de este comando será colocado en cero, cuando se esté realizando la compresión. En menor cantidad de energía retenida, puede causar cantidades inaceptables de distorsión, sobre todo en los valores máximos o pico de la señal oscilante. Dependerá el criterio y aplicación para que el diseño que se escoja de un umbral que retiene más de la energía, respecto de la señal original [2].

Al explorar el consumo de energía ya ingresado en el software, pero de acuerdo al interfaz gráfico para el estudio de la señal. Se puede acceder al análisis que aparece en el menú de acceso, en una dimensión de la señal que se visualizada en el menú “wavemenu” [2].

Al momento de cargar la señal en las opciones, se ejecuta un análisis de nivel simple; en una descomposición de la señal para iniciar se puede seleccionar el tipo de wavelet a utilizar los niveles de descomposición [2].

Al presionar el botón de “Analyze” las herramientas gráficas indican la curva generada en dicho proceso. Se puede capturar en un zoom más dinámico y de mejor detalle al usar el interfaz gráfico, donde se sube verticalmente en cualquier parte del eje positivo o negativo. En otro asunto a través del zoom de control, se accede a la parte horizontal y se puede volver al inicial. La descomposición se muestra en columnas y colores variados además de la opción de aproximación [2].

Todas las ventanas en modo scroll, muestra tres ventanas, la primera es la señal original, superpuesta a la original; la segunda es el detalle seleccionado y la tercera muestra el coeficiente wavelet [2].

En el de tipo más fino (selectivo), hay un nivel de análisis usando la wavelet específica y recorrida que luego a este paso existe el botón, para la compresión de la señal en el interfaz gráfico con modo automático o manual “thresholding”, apareciendo en un cuadro en la parte media derecha [2].

Los colores de la señal compresada e inicial, aparecen en color amarillo la compresada y la superpuesta de la señal básica en rojo que sería de la inicial. Adicional a ello disponemos de un análisis que el software nos da el ruido, que pudo quitarse a la señal original, si el caso fuese con respecto al total de la señal original y los ceros en porcentaje de la misma manera. Tenemos también medidas de tendencia, dispersión, diagramas e histogramas [2].

3.3 Volúmenes y porcentajes de compresión Wavelet.

La proporción de compresión será definida como la relación entre las dimensiones de la señal original y la compresada [2].

$$\text{Proporción de compresión} = \frac{\text{Dimension señal original}}{\text{Dimension señal compresada}} \quad (22)$$

El aumento en la proporción de “(15)” es el resultado de una compresión con una técnica más eficaz y de manera inversa si es menor tendremos una aplicación menos favorable. Cuando la compresión está direccionada, mediante la wavelet ortogonal la energía retenida está definida en un porcentaje como muestra “(16),” con las siguientes características [1]:

$$\text{Energía retenida \%} = \frac{100 * (\text{vector-norm}(\text{coeficientes de descomposición actual}, 2)^2)}{(\text{vector-norm}(\text{señal original}, 2)^2)} \quad (23)$$

La energía retenida es la que nos describe, la cantidad en detalle de la señal, que se ha generado, es una medida de la calidad de la señal después de la compresión. Un porcentaje mayor de ceros implica que una proporción muy alta de la compresión se puede obtener.

El número de ceros definido por “(17),” de la siguiente manera [2].

$$\text{número de ceros \%} = \frac{100 * (\text{número de ceros de descomposicion actual})}{(\text{numero de coeficientes})} \quad (24)$$

El vector “Norm” nos da el valor representativo el mismo que al tener en su formato norm (A, p) el valor dos para el dato de “p” dice que en su formato, es el valor singular más grande que sería el mismo como él (norm(A)) [2].

Una propiedad que es totalmente muy rescatable del de análisis del wavelet es la conservación de energía. Con ello podemos decir que la energía es la suma de los cuadrados de los valores, la energía en la wavelet transforma de una señal es la suma de los cuadrados de los coeficientes de la transformada. En el proceso que se realiza el análisis del wavelet, la energía de la señal está relativamente dividida entre los detalles y la aproximación de la misma, pero en si la energía total no cambia en su extracto. Sin embargo, en el proceso de la compresión de la señal, la energía se pierde ya que el “thresholding” cambia que el valor de los coeficientes valora y la nueva señal compresada contiene menos energía [2].

La relación de Pérdida de Energía por el porcentaje de Cero. Con el análisis de la pérdida de energía por el porcentual de la proporción de ceros, se puede obtener a través de una síntesis de la medida que muestra la pérdida de energía por la compresión de la señal. Esto puede calcularse para cada resultado por la ecuación siguiente [2]- [2].

$$\text{Pérdida de Energía por \% de ceros} = \frac{(100\% - (\% \text{ Energía retenida}))}{(\% \text{ Ceros})} \quad (25)$$

De una forma ideal, si el porcentaje de energía retenida y el número de ceros se los puede mantener tan alto como sea posible, esto nos garantiza que al reconstruir la señal, obtengamos una tan exacta como la inicial [2]- [2].

3.4 Manipulación de datos compresos.

Conforme al procedimiento de compresión se realizaron varias pruebas debido a que queremos comprender que sucede con la señal cambiando varios parámetros en las

ecuaciones para dicho procedimiento.

3.4.1 Datos sin variabilidad de estado de compresión.

En la “Figura 3.4,” podemos observar que con una variación en “M” y “Alpha” extremos a la recomendación en la compresión, a un nivel igual a tres y con una db3, conseguimos que la señal no pierda energía y no se encuentre “seteada” por ceros en mucha proporción con ello tenemos una señal compresada parecida a la original y no tenemos mucha ventaja conforme al objetivo de disminuirla respecto a la definición de la Transformada de Wavelet y la compresión de señales [23].

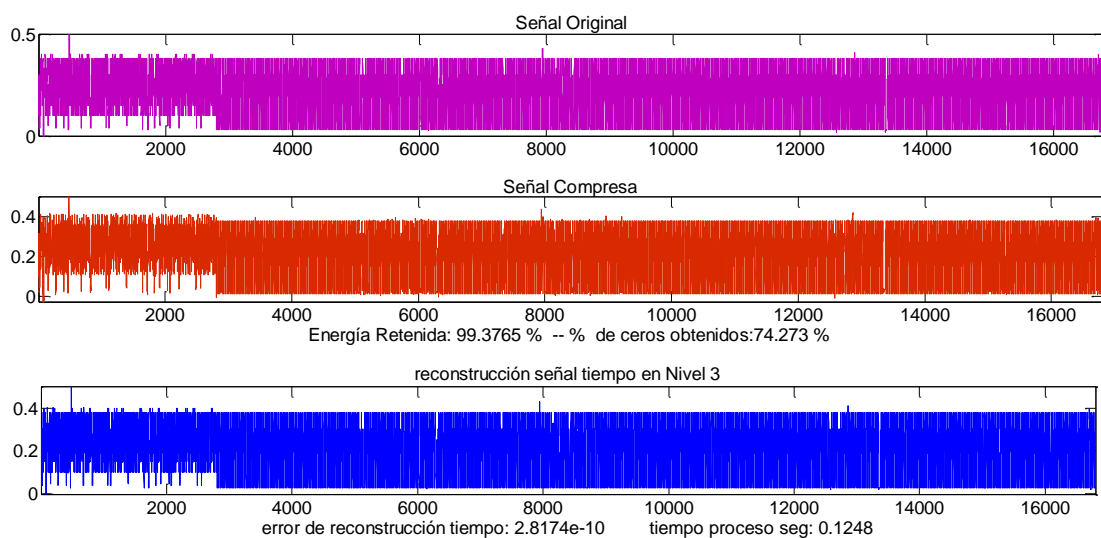


Figura 3.4. Manipulación de la variable Watt/hora sin cambios significativos de ceros “seteados”.

Fuente: Christian R. Orbe

3.4.2 Compresión de Datos con resultados intermedios.

Como podemos observar en la “Figura 3.4,” con una variación en “M” más pequeña y “Alpha” dentro de las recomendación en la compresión, a un nivel igual a cuatro y con un tipo de Wavelet superior con orden como es la db4, conseguimos que la señal no se mantenga en una proporción de energía y se encuentre ésta con una mayor de “seteo” por ceros, con ello tenemos una señal compresada con menos complejidad respecto a la original y obtenemos una mayor compresión, conforme al objetivo [23].

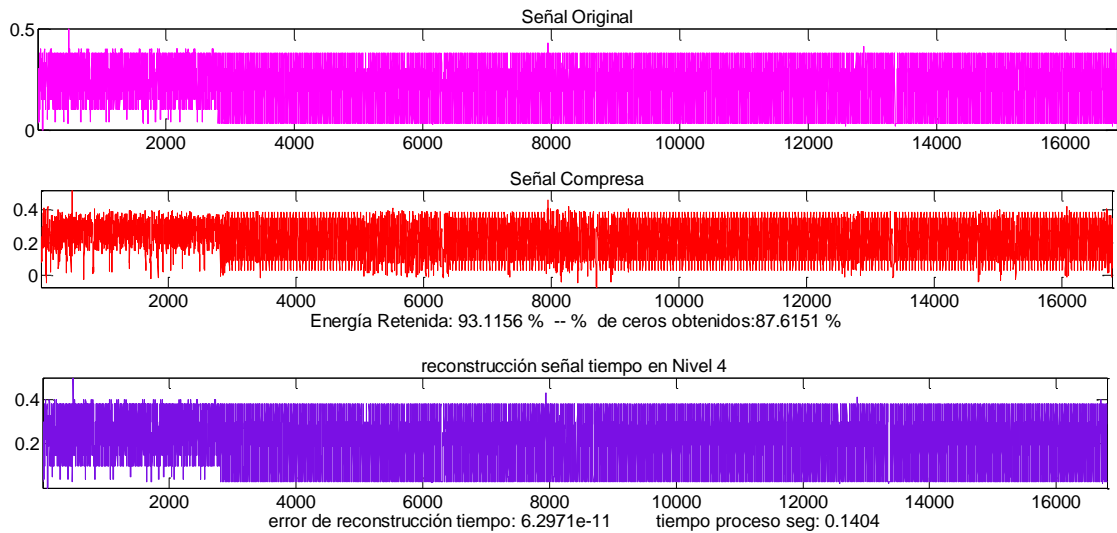


Figura 3.5. Manipulación de la variable Watt/hora con cambios significativos y equitativos entre ceros seteados y energía retenida.

Fuente: Christian R. Orbe

3.4.3 Manejo de datos en gran escala de compresión.

En la “Figura 3.6,” podemos observar que con una variación en “M” en un 75% al valor recomendado y “Alpha” de la misma manera en los parámetros intermedios, a un nivel igual a cinco y con una db5, conseguimos que la señal pierde energía en mayor proporción a los casos mencionados anteriormente y se encuentra la señal afectada en gran proporción por los ceros que se han seteado, con ello la señal compresa es totalmente más sencilla que la original y la ventaja aumenta y el objetivo de disminuirla, respecto a la definición de la Transformada de Wavelet y la compresión de señales, que se cumple efectivamente [23]-[24]

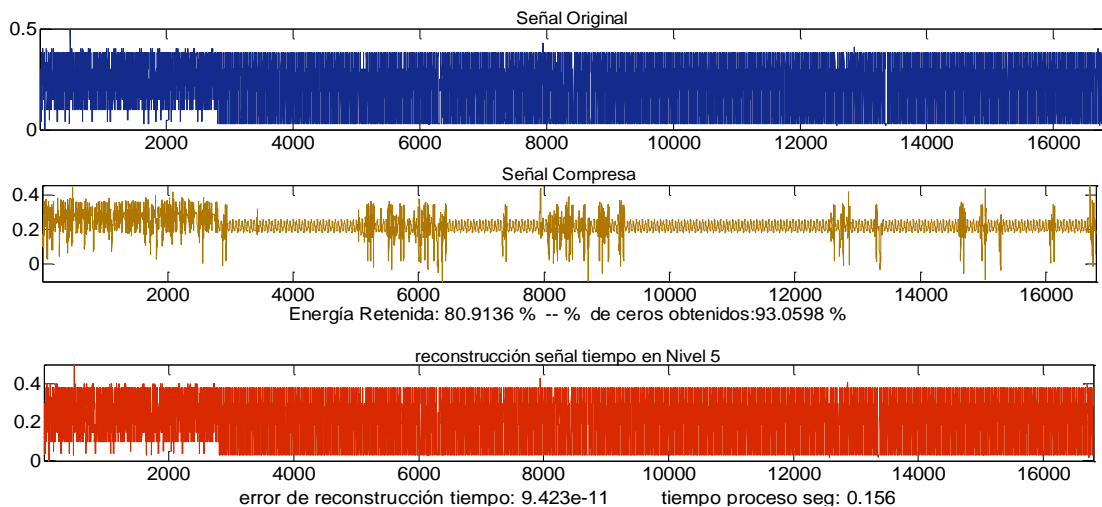


Figura 3.6. Manipulación de la variable Watt/hora con cambios grandes en energía perdida y mayor número de ceros “seteados.”

Fuente: Christian R. Orbe

A diferencia de los efectos producidos en la anterior, cabe mencionar que en parámetros individuales se puede manejar otros que en este caso del tiempo de medición se ve afectado en la “Figura 3.7,” podemos observar que con una variación en “M” en un 75% al valor recomendado y “Alpha” de la misma manera en los parámetros intermedios, a un nivel igual a nueve y con una db5, conseguimos que la señal no pierde energía en ninguna proporción a los casos mencionados anteriormente y se encuentra la señal afectada en gran proporción por los ceros que se han “seteado.” [23]-[24]

Con ello la señal compresada es totalmente más sencilla que como podemos observar la misma no tiene mucha complejidad pues es una señal continua en el tiempo y la ventaja es que por este motivo no interfiere mucho en su reconstrucción.

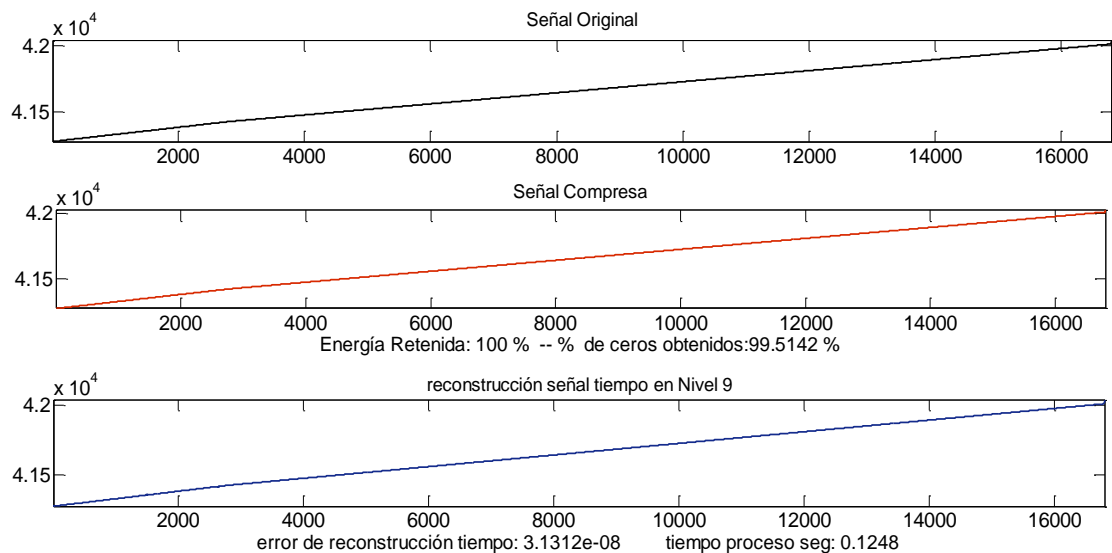


Figura 3.7. Manipulación de la variable tiempo en el consumo de energía eléctrica residencial base.
Fuente: Christian R. Orbe

En la compresión de la señal como se observa en la “Figura 3.8,” en la primera columna se puede visualizar en la primera gráfica como es la señal inicial sin manipulación, podemos observar que con una variación en “M” en un valor máximo de 2 que es extremo recomendado y “Alpha.”

De la misma manera en los parámetros intermedios, a un nivel igual a nueve y con una db4, conseguimos que la señal no pierde mucha energía y se encuentra la señal compresada, esté en gran proporción afectada por los ceros, que se han “seteado,” con el umbral adecuado a la compresión; de tal manera que la señal sea más sencilla.

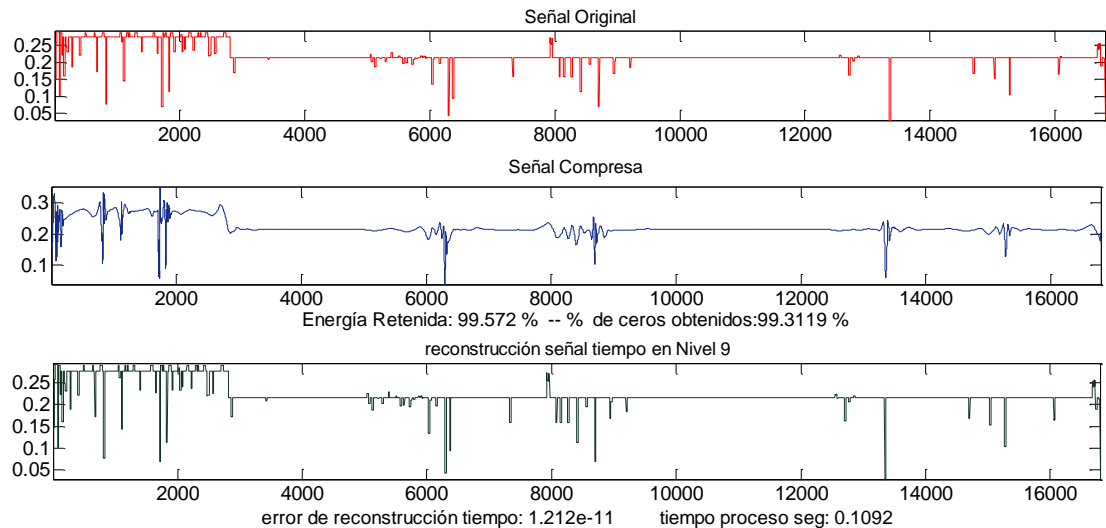


Figura 3.8. Manipulación de la variable promedio Watt/hora del consumo de energía eléctrica residencial base.

Fuente: Christian R. Orbe

En la compresión de la señal como se observa en la “Figura 3.9,” en la primera columna se puede visualizar en la primera gráfica como es la señal inicial sin manipulación del voltaje, podemos observar que con una variación en “M” en un valor máximo de 2 que es extremo recomendado y “Alpha” de la misma manera en los parámetros intermedios, a un nivel igual a nueve y con una db5, conseguimos que la señal no pierde mucha energía y se encuentra la señal compresa, esté en gran proporción afectada por los ceros, que se han “seteado,” con el umbral adecuado a la compresión; de tal manera que la señal sea más sencilla. Como podemos observar, no tiene mucha complejidad pues es una señal continua en el tiempo y la ventaja es que por este motivo no interfiere mucho en su reconstrucción:

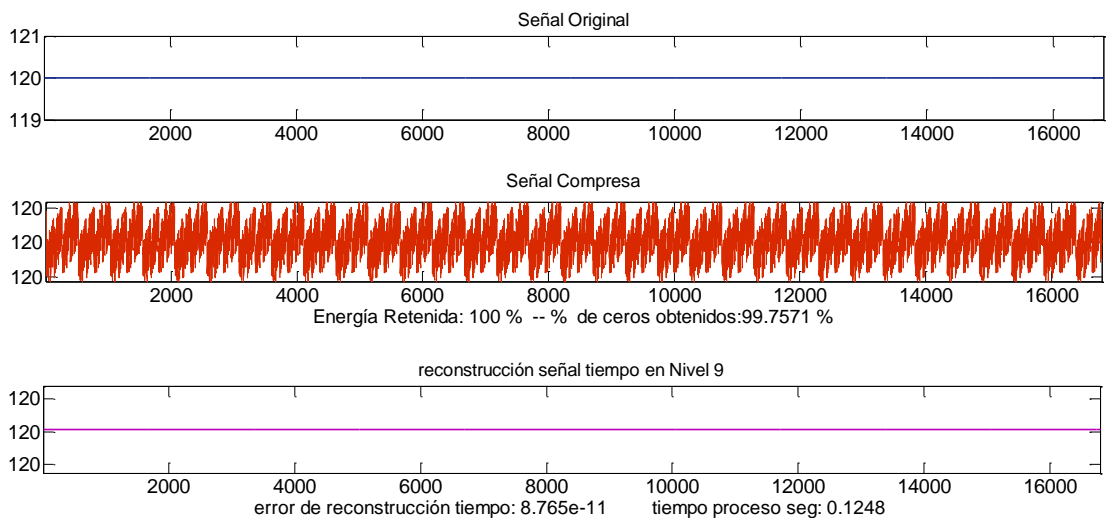


Figura 3.9. Manipulación de la variable tiempo del consumo de energía eléctrico con el dato de voltaje.

Fuente: Christian R. Orbe

De esta manera se puede observar que la mayor parte de las señales tratadas se puede obtener un porcentaje de energía conservada en el proceso y al mismo tiempo los porcentajes de ceros de la señal que van a dar tan altos y la señal presentará una forma mucho más sencilla con respecto a la original.

Con ello se tiene una idea, que la reconstrucción de la señal, no va a tener mucho que diferir de la original en el caso, que los datos no tengan gran cantidad de variabilidad en su estructura. Caso contrario será el resultado del porcentaje de compresión que será muy pobre y esto repercutirá si necesitamos que este dato sea superior.

El beneficio únicamente para que la señal sea compresada en un porcentaje alto será en compresiones a gran escala donde visualmente tengamos una onda más sutil en volumen y con ceros en una escala porcentual grande, en la señal de consumo de energía eléctrica.

CAPÍTULO IV

INDICADORES DE RESULTADOS

En este capítulo se tratará sobre los logros que se obtienen, luego de generar los procedimientos de compresión, es el resultado donde se compara los distintos valores obtenidos con diferentes familias de Wavelets, en niveles que irán aumentando de acuerdo a lo planificado, por el conocimiento en este campo de compresión a través de la Transformada de Wavelet. Con los resultados presentados se realizará un enfoque a la comunicación inalámbrica dándole el beneficio que dará su aplicación a la medición de energía eléctrica, que requerirá del envío de información por un medio inalámbrico, es ésta forma de transmisión la que presentará ciertos detalles para que el uso de ellos manifieste un beneficio en la comunicación.

4.1 Análisis del tratamiento de la Información

La información presentada en el proceso desde el acceso de la misma a través de la base de datos, que simula el consumo aproximado de energía eléctrica, de un usuario residencial y luego de atravesar por la migración de datos hacia Matlab desde el origen de la documentación [30].

Se trató la información a través de la herramientas matemática Wavelet, la mismas que arrojo una información valiosa respecto a la compresión de las señales ingresadas de dicho consumo y que nos servirán para en cada caso visualizar que tipo de Wavelet que utilicemos nos dará una compresión, a nivel porcentual tomando en cuenta los parámetros de compresión siendo estos el porcentaje de ceros y la energía retenida de la señal original a la compresión [30].

Los resultados de dicha señal vendrán acompañados de gráficas donde se visualizará como está conformada la señal, al inicio de su tratamiento para la compresión de información, como se fue comprimiendo y la afectación que tiene su forma de acuerdo a la Wavelet aplicada en cada caso tomando en cuenta ciertos parámetros:

- La señal se puede analizar de acuerdo al porcentual de energía retenida y de los ceros y tener una idea aproximada de que aporte es el mejor de acuerdo a

los niveles que tenga la wavelet utilizada y los órdenes que a esta se le apliquen.

- La herramienta gráfica permite realizar una objetiva conclusión de cuál es la aplicación más idónea para aplicarla a la señal ya que la señal que esté en mejores condiciones de compresión tendrá una apariencia más simple en su estructura en la gráfica de acuerdo a su escala en referencia a la original y a las ondas compresas que se sigan obteniendo en el proceso a manera de comparación.
- Es necesario mantener un criterio matemático con los resultados que el software Matlab nos aporta, pero es muy importante también el manejar una visión de cómo se generan esos cambios en la señal, para que la conclusión entre el cálculo y el resultado visual sea una completa forma de juzgar que conviene más a la comunicación inalámbrica.

4.2 Alcance de los volúmenes de compresión

Para visualizar el alcance de los volúmenes de compresión se tomo niveles de diferentes wavelets, que en el caso, existen wavelets que facilitarán la concepción de porcentajes, de mayor fiabilidad para la reconstrucción de la señal, siendo los más eficientes, aquellos que se van a indicar a continuación; en niveles que van a tener incidencia y valores para indicar que sucede con la señal compresa y como se da las modificaciones para concluir, en qué nivel y orden son los que convienen para comprimir la señal en cuestión.

4.2.1 Alcance de compresión con Wavelet Daubechie.

Se ha presentado en capítulos iniciales del presente documento que en Wavelet Daubechie, los “N” se lo llamará orden [28]-[31].

Adicional a ello podemos recalcar en ésta wavelet, que se va a tomar los niveles que van desde uno hasta cinco y a continuación irán apareciendo en los numerales; explicando cómo se van dando los cambios en los parámetros de la preservación de la

energía, ceros, y los errores que van a manifestarse con el proceso de reconstrucción entre la señal original y compresada [28]-[31].

1. En el nivel 1 el contenido de la “Tabla 4.1.” va con un orden que en este caso desde 1 hasta 9 y posteriormente en un análisis extendido al nivel 15. Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en el segundo ordenes además del sexto y octavo. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en el primer orden además del quinto y decimoquinto.

Los errores conseguidos, más aceptables y de menor valor, están en los primeros dos órdenes, además del decimoquinto.

Los tiempos de proceso en realizar la compresión y descompresión de la señal toma un tiempo determinado en segundos, donde en el cuarto, quinto y séptimo fueron menores.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
db1	1	99,9612	32,7342	6,438E-12	0,1248
db2	1	99,9487	32,5101	3,709E-12	0,1404
db3	1	99,968	32,9525	7,135E-11	0,1404
db4	1	99,9662	33,0616	1,2955E-11	0,1092
db5	1	99,9607	32,7484	2,2447E-11	0,1092
db6	1	99,9591	32,6731	1,6775E-11	0,1872
db7	1	99,956	32,6395	1,3036E-11	0,1092
db8	1	99,9576	32,5404	3,5554E-11	0,1092
db9	1	99,9609	32,3701	1,929E-11	0,1248
db15	1	99,9044	32,7986	2,0548E-12	0,2184

TABLA 4.1 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Daubechie nivel 1

Fuente: Christian R. Orbe

2. En el nivel 2 la “Tabla 4.2.” el orden para este análisis va desde 1 hasta 9 y posteriormente en un extendido al nivel 15. Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en los órdenes iniciales. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en el tercer, quinto y sexto [28].

Los errores conseguidos más aceptables y de menor valor son en el primer orden octavo y decimoquinto. Los tiempos de proceso en segundos serán en el inicial, tercero y cuarto entre los más rescatables.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
db1	2	99,4807	61,8104	1,1136E-14	0,0624
db2	2	99,2308	62,9716	1,0199E-11	0,0624
db3	2	99,6814	64,8207	1,8296E-10	0,0624
db4	2	99,7695	61,5321	3,3179E-11	0,0468
db5	2	99,6228	63,3629	5,0685E-11	0,0624
db6	2	99,6064	63,7082	4,0435E-11	0,1872
db7	2	99,695	63,0772	3,349E-11	0,0624
db8	2	99,685	61,331	8,5423E-11	0,0624
db9	2	99,7168	62,292	4,429E-10	0,093601
db15	2	99,6883	61,2788	3,8309E-12	0,1716

TABLA 4.2 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Daubechie nivel2

Fuente: Christian R. Orbe

- En este nivel 3 visto en la “Tabla 4.3.” tenemos el orden para este análisis que va desde 1 hasta 9 y posteriormente en un extendido al nivel 15. Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en el primer orden. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en los dos órdenes iniciales además del quinto [28].

Los errores más aceptables conseguidos, de menor valor son en el orden inicial además del quinto y decimoquinto. Los tiempos de proceso en segundos serán en el tercero, quinto y octavo como los más rescatables [28].

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	Error	tiempo de proceso
db1	3	94,1776	82,6113	1,6472E-14	0,2028
db2	3	96,1825	81,7884	2,0813E-11	0,0624
db3	3	96,0535	81,683	2,874E-10	0,093601
db4	3	96,8141	81,0713	4,9767E-11	0,0624
db5	3	97,3673	81,0792	7,3072E-11	0,093601
db6	3	96,5676	80,1212	2,6479E-11	0,0624
db7	3	98,8199	76,6247	5,5254E-11	0,1248
db8	3	97,2895	80,8608	1,2124E-10	0,078001
db9	3	98,8181	80,5898	8,214E-10	0,078001
db15	3	97,6766	80,5116	5,343E-12	0,2028

TABLA 4.3 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Daubechie nivel3

Fuente: Christian R. Orbe

- En el nivel 4 podemos ver mediante la “Tabla 4.4.” que tenemos un orden, para

este análisis, que va desde 1 hasta 9 y posteriormente en un extendido al nivel 15. Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en el orden inicial. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en los tres órdenes iniciales.

Los errores conseguidos más aceptables y de menor valor son en el orden inicial además del séptimo y decimoquinto.

Los tiempos de proceso en segundos serán en el segundo, sexto y séptimo orden.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
db1	4	85,6184	91,4966	2,018E-14	0,093601
db2	4	89,1269	90,113	2,9181E-11	0,0624
db3	4	89,5918	90,1956	3,6473E-10	0,093601
db4	4	89,8149	89,7843	6,2971E-11	0,078001
db5	4	89,9153	89,4334	9,264E-11	0,0624
db6	4	89,5586	89,3962	2,4046E-11	0,0624
db7	4	90,825	89,8469	7,3527E-11	0,0624
db8	4	89,144	89,5077	1,4974E-10	0,0624
db9	4	90,6944	89,4422	1,1473E-09	0,093601
db15	4	90,3103	88,9631	6,6819E-12	0,1872

TABLA 4.4 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Daubechie nivel4

Fuente: Christian R. Orbe

5. Para el nivel 5 visto en la “Tabla 4.5.” tenemos el orden para este análisis que va desde 1 hasta 9 y posteriormente en un extendido al nivel 15.

Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en los órdenes, segundo, quinto y octavo. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en los tres órdenes iniciales. Los errores conseguidos más aceptables y de menor valor son en el orden inicial además séptimo y decimoquinto.

Los tiempos de proceso en segundos serán en el tercero, cuarto y séptimo como los más valorables.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
db1	5	80,74	95,3052	2,431E-14	0,078001
db2	5	80,5242	95,0571	3,0907E-11	0,078001
db3	5	80,7949	94,9236	3,7626E-10	0,0624
db4	5	80,6251	94,7425	6,4389E-11	0,0624
db5	5	80,4064	94,6865	9,423E-11	0,078001
db6	5	80,7878	94,5114	2,2132E-11	0,0624
db7	5	81,2087	94,4616	7,4569E-11	0,0624
db8	5	80,5005	94,4945	1,514E-10	0,093601
db9	5	80,9678	94,504	1,1684E-10	0,078001
db15	5	81,3829	94,2461	6,7632E-12	0,3276

TABLA 4.5 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Daubechie nivel5

Fuente: Christian R. Orbe

Concluiremos para este caso que en los niveles desde el uno hasta el cinco, aplicando la Wavelet Daubechie, en las cinco tablas presentadas se pueden concluir que los mejores resultados son los siguientes.

- Los valores de menor energía preservada se dan a partir del cuarto nivel en los órdenes iniciales como los mejores resultados.
- En los porcentajes de ceros visualizados, tenemos una mejor proporción a partir del tercer nivel en los tres primeros órdenes.
- Con los errores obtenidos los más aceptables se presentan en los primeros, en el quinto séptimo y decimoquinto orden de cada nivel.
- Los mejores resultados para el proceso mencionado, se ha dado en la parte inicial e intermedia de cada tabla.

Para todos los cinco casos el mejor valor de compresión es en el nivel quinto, en los órdenes cuarto y quinto, donde es la representación destacada con esta Wavelet con menor energía, mayor porcentaje de ceros y su proceso duró un valor pequeño en segundos.

4.2.2 Alcance de compresión con Wavelet Symlet.

Con la Wavelet de tipo Symlet, con los “N” que se lo llamará orden y se tomará varios valores [32].

Se va a seleccionar los niveles desde uno hasta cinco que a continuación irán apareciendo en los numerales, explicando cómo se van dando los cambios en los parámetros de la preservación de la energía, ceros y los errores que van a manifestarse con el proceso de reconstrucción entre la señal original y compresada [32].

1. Para el nivel 1 visto en la “Tabla 4.6.” tenemos el orden para este análisis que va desde 1 hasta 9 y posteriormente en un extendido al nivel 15. Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada, en los órdenes, segundo, cuarto y decimoquinto.

La mayor cantidad porcentual de ceros fue en el segundo, cuarto y quinto orden. Los errores conseguidos más aceptables y de menor valor son en el orden. Los tiempos de proceso en segundos serán en quinto, sexto y séptimo, como los más valorables.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
sym1	1	99,9612	32,7342	6,44E-15	0,093601
sym2	1	99,9487	32,5101	3,71E-12	0,1092
sym3	1	99,968	32,9525	7,14E-12	0,1092
sym4	1	99,9481	34,0195	3,02E-12	0,093601
sym5	1	99,9622	32,3676	1,09E-12	0,0468
sym6	1	99,9607	32,911	4,77E-12	0,0468
sym7	1	99,9616	32,4848	5,44E-12	0,0624
sym8	1	99,9622	32,8675	2,38E-12	0,0624
sym9	1	99,9622	32,6733	2,39E-14	0,2184
sym15	1	99,9485	34,5752	6,61E-13	0,3276

TABLA 4.6 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Symlet en nivel 1

Fuente: Christian R. Orbe

2. En el nivel 2 podemos ver mediante la “Tabla 4.7.” que tenemos un orden, para este análisis, que va desde 1 hasta 9 y posteriormente en un análisis extendido al nivel 15.

Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en los órdenes, primero, segundo y sexto. La mayor cantidad porcentual de ceros, fue en los dos órdenes tercero, octavo y noveno.

Los errores conseguidos más aceptables y de menor valor son en el orden inicial además del noveno y decimoquinto.

Los tiempos de proceso en segundos serán en el orden tercero, cuarto y decimoquinto.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
sym1	2	99,4807	61,8104	1,11E-14	0,1092
sym2	2	99,2308	62,9716	1,02E-11	0,093601
sym3	2	99,6814	64,8207	1,83E-10	0,078001
sym4	2	99,7515	63,7088	7,38E-10	0,078001
sym5	2	99,7402	61,4543	2,55E-12	0,078001
sym6	2	99,5256	61,5444	1,16E-11	0,0624
sym7	2	99,6429	62,1679	1,07E-11	0,078001
sym8	2	99,7002	63,5116	5,62E-12	0,1248
sym9	2	99,6239	64,1164	6,06E-14	0,078001
sym15	2	99,6404	61,2788	1,82E-13	0,2964

TABLA 4.7 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Symlet en nivel 2

Fuente: Christian R. Orbe

3. En este nivel 3 visto en la “Tabla 4.8.” tenemos el orden va desde 1 hasta 9 y posteriormente en un extendido al nivel 15.

Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en los dos primeros órdenes. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en los tres primeros órdenes iniciales.

Los errores conseguidos más aceptables y de menor valor son en los dos primeros órdenes, además del quinto.

Los tiempos de proceso en segundos serán en los dos iniciales y quinto como los más rescatables.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
sym1	3	94,1776	82,6113	1,65E-14	0,0624
sym2	3	96,1825	81,7884	2,08E-11	0,0624
sym3	3	98,0535	81,683	2,82E-10	0,093601
sym4	3	98,7	80,4411	1,56E-11	0,0624
sym5	3	98,8923	80,9781	5,15E-12	0,0624
sym6	3	97,6306	80,8519	2,36E-11	0,093601
sym7	3	98,8807	80,4145	1,64E-11	0,0624
sym8	3	97,5861	80,4927	8,34E-12	0,0624
sym9	3	97,7961	80,0083	1,31E-13	0,078001
sym15	3	97,9047	80,1623	3,60E-12	0,2496

TABLA 4.8 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Symlet en nivel 3

Fuente: Christian R. Orbe

4. En el nivel 4 la “Tabla 4.9.” el orden va desde 1 hasta 9 y posteriormente en un análisis extendido al nivel 15. Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en el séptimo, octavo y decimoquinto orden. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en el orden inicial, tercero y sexto orden.

Los errores conseguidos más aceptables y de menor valor son en el primero, noveno y decimoquinto orden. Los tiempos de proceso en segundos serán en el primero, tercero y sexto orden, como los más rescatables.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
sym1	4	85,6184	91,4966	2,02E-14	0,0624
sym2	4	89,1269	90,113	2,92E-11	0,0624
sym3	4	89,5918	90,1956	3,65E-10	0,0624
sym4	4	89,563	90,1884	2,37E-11	0,078001
sym5	4	89,7151	89,8016	8,15E-12	0,0624
sym6	4	87,1124	90,1858	3,31E-11	0,0468
sym7	4	91,8664	89,3484	2,31E-11	0,078001
sym8	4	89,8525	89,5611	1,06E-11	0,078001
sym9	4	87,8527	89,9461	1,98E-13	0,0624
sym15	4	89,9657	89,9572	5,14E-12	0,312

TABLA 4.9 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Symlet en nivel 4

Fuente: Christian R. Orbe

5. En el nivel 5 el contenido de la “Tabla 4.10.” va con un orden desde 1 hasta 9 y posteriormente en un análisis extendido al nivel 15.

Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en el primero, segundo y cuarto orden. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en el primero, tercero y séptimo orden.

Los errores conseguidos que son los más aceptables y de menor valor, son en el orden inicial, noveno y decimoquinto. Los tiempos de proceso en realizar la compresión y posteriormente la descompresión de la señal toma un tiempo en segundos los mismos que en el primero, quinto y octavo son los menores.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	Ceros	error	tiempo de proceso
sym1	5	80,74	95,3052	2,43E-14	0,0624
sym2	5	80,5242	95,0571	3,09E-11	0,078001
sym3	5	80,7949	94,9236	3,76E-10	0,1092
sym4	5	81,2543	94,588	2,46E-11	0,078001
sym5	5	81,5737	94,5025	8,39E-12	0,0624
sym6	5	80,9578	94,4164	3,38E-11	0,093601
sym7	5	80,8019	94,6098	2,36E-11	0,078001
sym8	5	80,9155	94,4649	1,07E-11	0,0624
sym9	5	81,1161	94,35	2,00E-13	0,093601
sym15	5	82,1287	94,2697	5,18E-12	0,3588

TABLA 4.10 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Symlet en nivel 5

Fuente: Christian R. Orbe

Concluiremos para este caso de los niveles desde el uno hasta el cinco y con la Symlet en los órdenes ya mencionados en las cinco tablas presentadas se pueden concluir que las similitudes en ellas son las siguientes.

- Los valores de menor energía preservada se dan a partir del cuarto nivel en los en los primeros y sextos órdenes preferentemente.
- En los porcentajes de ceros visualizados, tenemos desde el tercer nivel se ubican los mejores valores en el primero y tercer orden.

- Con los errores obtenidos los más aceptables se presentan en el primero, decimoquinto orden de cada nivel.
- El menor tiempo se ha dado en el cuarto y quinto orden

Para todos los cinco casos el mejor valor de reconstrucción y con un menor caso de error presentado fue con la Symlet en el orden y nivel quinto, donde se manejó un menor porcentaje de energía preservada, mayor porcentaje de ceros y su proceso duró un valor pequeño en segundos.

4.2.3 Alcance de compresión con Wavelet Coiflet.

Con la Wavelet de tipo Coiflet, con los “N” que se lo llamará orden se tomará en cuenta varios valores. Se va a tomar los niveles desde uno hasta cinco que a continuación irán apareciendo en los numerales, explicando cómo se dan los cambios, en los parámetros de la preservación de la energía, ceros, los errores que van a manifestarse con el proceso de reconstrucción entre la señal original y compresada [33].

1. En este nivel 1 visto en la “Tabla 4.11.” tenemos el orden para este análisis que va desde 1 hasta 9 y posteriormente en un extendido al nivel 15.

Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía se mira en el primer orden. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en el primer orden. Los errores conseguidos más aceptable fue en el segundo orden. Los tiempos de proceso en segundos serán en los tres órdenes intermedios como los más rescatables.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
coif1	1	99,9173	34,7257	5,53E-12	0,078001
coif2	1	99,9637	33,0776	8,0786E-11	0,0624
coif3	1	99,9635	33,9409	5,004E-12	0,0624
coif4	1	99,9621	32,8281	2,4238E-10	0,0468
coif5	1	99,9595	32,7094	4,5376E-08	0,0624

TABLA 4.11 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Coiflet en nivel 1

Fuente: Christian R. Orbe

2. En el nivel 2 la “Tabla 4.12.” el orden para este análisis, va desde 1 hasta 9 y posteriormente en un extendido al nivel 15.

Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en el primer orden como la mejor representación.

La mayor cantidad porcentual de ceros se presentó en el segundo y tercer orden.

Los errores conseguidos más aceptables y de menor valor son en el primero y tercer orden. Los tiempos de proceso en segundos serán en el primero cuarto y quinto orden.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
coif1	2	99,4063	65,2965	1,38E-11	0,0624
coif2	2	99,6499	63,9936	2,24E-10	0,093601
coif3	2	99,6637	63,8966	1,32E-11	0,093601
coif4	2	99,6422	64,0093	4,90E-10	0,0624
coif5	2	99,6284	63,7108	9,51E-08	0,0624

TABLA 4.12 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Coiflet en nivel 2

Fuente: Christian R. Orbe

3. En el nivel 3 el contenido de la “Tabla 4.13.” va con un orden que en este caso desde 1 hasta 9 y posteriormente en un análisis extendido al nivel 15.

Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en el cuarto orden. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en el tercer orden.

EL error conseguido más aceptable es en el tercer orden.

El mejor tiempo de proceso en realizar la compresión y posteriormente la descompresión de la señal toma un tiempo en segundos y el mejor estuvo en el primer orden.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
coif1	3	98,4052	80,7553	2,92E-11	0,0624
coif2	3	95,8302	81,2559	4,18E-10	0,078001
coif3	3	98,4171	80,4178	2,76E-11	0,093601
coif4	3	97,3137	80,313	9,66E-10	0,0624
coif5	3	98,3644	80,0912	1,43E-07	0,0624

TABLA 4.13 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Coiflet en nivel 3

Fuente: Christian R. Orbe

- En el nivel 4 podemos ver mediante la “Tabla 4.14.” que tenemos un orden, para este análisis, que va desde 1 hasta 9 y posteriormente en un extendido al nivel 15. Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en el segundo orden. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en el segundo orden.

El error conseguido más aceptable y de menor valor fue en el orden inicial.

Los tiempos de proceso en segundos serán en el primer orden.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
coif1	4	91,9912	89,6546	4,59E-11	0,0624
coif2	4	88,2477	89,9246	5,45E-10	0,078001
coif3	4	91,5675	89,1991	4,99E-11	0,0624
coif4	4	89,8527	89,3967	1,43E-09	0,0624
coif5	4	91,3478	88,969	1,65E-07	0,0624

TABLA 4.14 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Coiflet en nivel 4

Fuente: Christian R. Orbe

- Para el nivel 5 visto en la “Tabla 4.15.” tenemos el orden para este análisis que va desde 1 hasta 9 y posteriormente en un extendido al nivel 15.

Teniendo como resultado, con menor porcentaje de energía preservada en el segundo orden. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en el cuarto orden.

El error conseguido más aceptables y de menor valor son en el orden inicial.

El mejor tiempo de proceso en segundos será en el orden inicial.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
coif1	5	81,5949	94,7096	4,93E-11	0,0624
coif2	5	80,5243	94,5944	5,60E-10	0,078001
coif3	5	81,3275	94,4329	5,09E-11	0,093601
coif4	5	80,8732	94,4011	1,45E-09	0,078001
coif5	5	81,9807	94,2166	1,68E-07	0,093601

TABLA 4.15 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Coiflet en nivel 5

Fuente: Christian R. Orbe

Concluiremos para este caso de los niveles desde el uno hasta el cinco y con la Symlet en los órdenes ya mencionados en las cinco tablas presentadas se pueden concluir que las similitudes en ellas son las siguientes.

- El mejor valor de energía se dio a partir del nivel quinto en el tercer orden.
- En los porcentajes de ceros visualizados, tenemos una mejor proporción en el segundo y tercer orden.
- Con los errores obtenidos los más aceptables se presentan en el primero y tercer orden a partir del segundo nivel.
- Los valores en los cuatro detalles analizados representativos y donde se encontró cambios significativos, dignos de análisis fueron hasta el quinto orden de esta Wavelet.

Para todos los cinco casos el mejor valor de reconstrucción y con un menor caso de error presentado fue con la Symlet en el segundo orden en el quinto nivel, donde se manejó mayor energía preservada, mayor porcentaje de ceros y su proceso duró un valor aceptable promedio en segundos.

4.2.4 Alcance de compresión con Wavelet Biortogonal.

Se ha presentado en capítulos iniciales del presente documento que en Wavelet Biortogonal, los “N” se lo llamará orden.

Adicional a ello podemos recalcar en ésta wavelet se va a tomar los niveles desde uno hasta cinco, que a continuación irán apareciendo en los numerales; explicando cómo se van dando los cambios, en los parámetros de la preservación de la energía, ceros, los errores que van a manifestarse en el proceso de reconstrucción entre la señal original y compresión.

1. En el nivel 1 la “Tabla 4.16.” el orden para este análisis serán 1.1, 1.3, 2.4, 2.8, 3.1, 3.7, 3.9, 4.4, 5.5, 6.8. Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en los tres primeros ordenes de este nivel.

La mayor cantidad porcentual de ceros fue en el 2.4, 2.8, y 4.4 orden.

Los errores más aceptables conseguidos, de menor valor son en el 1.3, 2.4 y 3.9 respectivamente.

Los tiempos de proceso en segundos serán los indicados en el 1.3, 2.4, y 3.9 entre los órdenes más rescatables.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
Bior1.1	1	99,9612	32,7342	6,44E-15	0,093601
Bior1.3	1	99,9616	32,7264	6,18E-15	0,0624
Bior2.4	1	99,9671	34,1582	4,56E-15	0,0624
Bior2.8	1	99,9671	34,1479	7,44E-15	0,0624
Bior3,1	1	99,9898	32,9029	1,07E-14	0,0624
Bior3.7	1	99,9899	32,8794	9,11E-15	0,0468
Bior3.9	1	99,9899	32,8775	5,25E-15	0,0624
Bior4.4	1	99,9713	33,0042	7,62E-12	0,0624
Bior5.5	1	99,9427	32,334	1,23E-11	0,078001
Bior6.8	1	99,9659	33,0004	1,39E-12	0,0624

TABLA 4.16 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Biortogonal en nivel 1

Fuente: Christian R. Orbe

2. En el nivel 2 la “Tabla 4.17.” el orden para este análisis serán 1.1, 1.3, 2.4, 2.8, 3.1, 3.7, 3.9, 4.4, 5.5, 6.8. Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en el 1.1, 1.3 y 5.5, de manera más destacable. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en el los tres primeros órdenes.

Los errores conseguidos más aceptables y de menor valor son en los tres primeros órdenes. Los tiempos de proceso en segundos serán los indicados en el 1.1, en 3.1 y 3.9, en los órdenes más rescatables.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
Bior1.1	2	99,4807	61,8104	1,11E-14	0,0468
Bior1.3	2	99,0472	62,358	1,21E-14	0,0624
Bior2.4	2	99,6645	62,0964	6,97E-15	0,0624
Bior2.8	2	99,6593	62,0315	1,15E-14	0,0624
Bior3,1	2	99,8618	61,5673	1,96E-14	0,0624
Bior3.7	2	99,6112	62,0202	1,41E-14	0,0624
Bior3.9	2	99,8196	61,3671	1,36E-14	0,0624
Bior4.4	2	99,6667	61,5554	2,09E-11	0,078
Bior5.5	2	99,477	62,7274	3,19E-11	0,078001
Bior6.8	2	99,6811	61,4553	3,91E-12	0,07801

TABLA 4.17 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Biortogonal en nivel 2

Fuente: Christian R. Orbe

3. En el nivel 3 la “Tabla 4.18.” el orden para este análisis serán 1.1, 1.3, 2.4, 2.8, 3.1, 3.7, 3.9, 4.4, 5.5, 6.8. Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en los dos primeros ordenes. La mayor cantidad porcentual de ceros, se presentó mayor valor en los dos primeros órdenes.

Los errores conseguidos más aceptables y de menor valor están presentes en los tres primeros órdenes. Los tiempos de proceso en segundos serán los indicados en 2.8, además de 4.4 y en 5.5 entre los órdenes con menor valor.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
Bior1.1	3	94,1776	82,6113	1,65E-14	0,078001
Bior1.3	3	94,6046	81,8912	1,45E-14	0,093601
Bior2.4	3	98,4677	80,5919	1,32E-14	0,093601
Bior2.8	3	98,7874	80,5068	2,04E-14	0,0468
Bior3,1	3	97,0652	80,6997	2,97E-14	0,093601
Bior3.7	3	98,5328	80,8964	2,13E-14	0,0624
Bior3.9	3	97,8615	80,4046	2,06E-14	0,0624
Bior4.4	3	98,3124	80,6929	3,78E-11	0,0468
Bior5.5	3	97,4386	81,1193	4,87E-11	0,0624
Bior6.8	3	98,7343	80,578	7,52E-12	0,0624

TABLA 4.18 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Biortogonal en nivel 3

Fuente: Christian R. Orbe

4. En el nivel 4 la “Tabla 4.19.” el orden para este análisis serán 1.1, 1.3, 2.4, 2.8, 3.1, 3.7, 3.9, 4.4, 5.5, 6.8. Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en los dos primeros órdenes y en el 3.9 de manera más destacable. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en los dos primeros órdenes, además del 4.4. Los errores conseguidos más aceptables y de menor valor son en 1.3, 2.4 y en 6.8 orden. Los tiempos de proceso en segundos serán los indicados en el 2.4, 3.1 y 3.7 que son los órdenes más rescatables.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	Error	tiempo de proceso
Bior1.1	4	85,6184	91,4966	2,018E-14	0,0624
Bior1.3	4	81,214	90,7723	1,8373E-14	0,0624
Bior2.4	4	88,6261	90,3956	1,5658E-14	0,078
Bior2.8	4	87,6555	89,786	2,2041E-14	0,0624
Bior3,1	4	90,238	89,9227	3,6754E-14	0,078
Bior3.7	4	88,2315	88,9798	2,6507E-14	0,078
Bior3.9	4	86,8785	89,5046	2,5872E-14	0,078
Bior4.4	4	90,3746	90,4728	5,0683E-11	0,0624
Bior5.5	4	90,4465	90,2274	6,0437E-11	0,078001
Bior6.8	4	88,9054	88,9223	1,0672E-11	0,078001

TABLA 4.19 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Biortogonal en nivel 4

Fuente: Christian R. Orbe

5. En el nivel 5 la “Tabla 4.20.” el orden para este análisis serán 1.1, 1.3, 2.4, 2.8, 3.1, 3.7, 3.9, 4.4, 5.5, 6.8. Teniendo como resultado un menor porcentaje de energía preservada en el primer orden, 3.7 y en el 3.7, de manera más destacable. La mayor cantidad porcentual de ceros fue en los dos primeros órdenes además del 5.5.

Los errores conseguidos más aceptables y de menor valor son en 1.3, 2.4 y en el 2.8 orden. Los tiempos de proceso en segundos serán los indicados en el 1.1, 3.9 y 4.4 que son los órdenes más rescatables.

tipo de Wavelet	Nivel	preservada energía	ceros	error	tiempo de proceso
Bior1.1	5	80,74	95,3052	2,4301E-14	0,078
Bior1.3	5	75,3369	95,2268	2,2356E-14	0,0624
Bior2.4	5	78,6752	94,6747	1,748E-14	0,078
Bior2.8	5	78,4028	94,35	2,4359E-14	0,0624
Bior3,1	5	86,2423	94,5099	4,2254E-14	0,0624
Bior3.7	5	74,4065	94,4589	3,4184E-14	0,093601
Bior3.9	5	77,3516	94,1633	3,0582E-14	0,078
Bior4.4	5	82,6987	94,6153	5,2249E-11	0,078
Bior5.5	5	86,0969	94,7546	6,1607E-11	0,093601
Bior6.8	5	80,4327	94,4566	1,0843E-11	0,093601

TABLA 4.20 Cuadro comparativo con varios ordenes de wavelet Biortogonal en nivel 5

Fuente: Christian R. Orbe

Concluiremos para este caso de los niveles desde 1.1 hasta 6.8 en intervalos de los órdenes ya mencionados, a través de la Wavelet Biortogonal en las cinco tablas presentadas se pueden concluir que sus similitudes presentes son las siguientes.

- Los valores de energía preservada se dan preferentemente a partir del cuarto nivel en el orden 1.1, que es el de menor valor porcentual.
- En los porcentajes de ceros visualizados, tenemos una mejor proporción en los dos primeros órdenes preferentemente desde el segundo nivel.

- Con los errores obtenidos los más aceptables se presentan en los tres primeros órdenes de cada nivel.
- Los mejores resultados para los cuatro parámetros analizados fue en el orden 3.9 de cada uno respectivamente.

Para todos los cinco casos el mejor valor de reconstrucción y con un menor caso de error presentado fue con la Wavelet tipo Biortogonal en el orden 1.1 y nivel cinco, donde se manejó la menor cantidad energía preservada, mayor porcentaje de ceros y su proceso duró un valor aceptable promedio en segundos.

4.3 Comparación de datos finales en la comunicación inalámbrica

Buscando la Wavelet más idónea para este procedimiento se tiene la Daubechie, de orden cuatro en un quinto nivel. Este da como resultado volúmenes de compresión buenos respecto a un porcentaje de ceros de 94.74% como se visualiza en la “Figura 4.1.” Lo que necesitamos que la señal se presente con la mayor sencillez respecto a la inicial dándonos una mayor compresión de ceros en comparación a las resultantes en otros niveles y ordenes ya verificados [34].

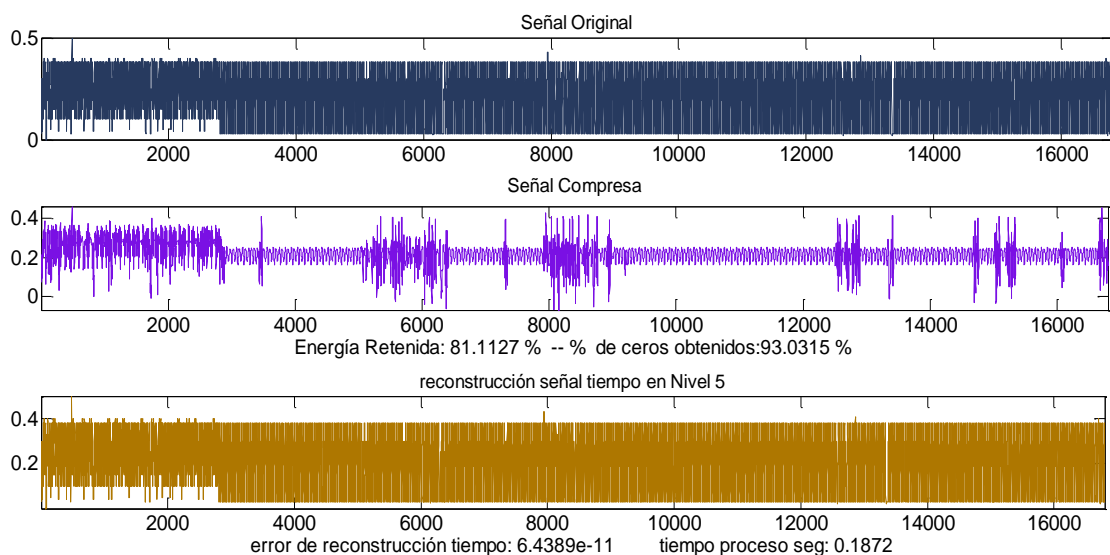


Figura 4.1. Compresión de la señal Watt/hr con wavelet db4 nivel 5.

Fuente: Christian R. Orbe

Localizando otro tipo de Wavelet, donde las características de la Symlet, se puede

observar con el procedimiento que a través de una “sym,” en un noveno orden y a un quinto nivel, nos representa volúmenes de compresión buenos, respecto a un porcentaje de ceros de 94.35% como se visualiza en la “Figura 4.2.”

Como se menciona es un valor aceptable de la señal intervenida, aquí se presenta la mayor sencillez respecto a la inicial, dándonos una mayor compresión con el “seteo” de ceros en comparación a las resultantes en otros niveles y órdenes ya verificados en los alcances de compresión [34].

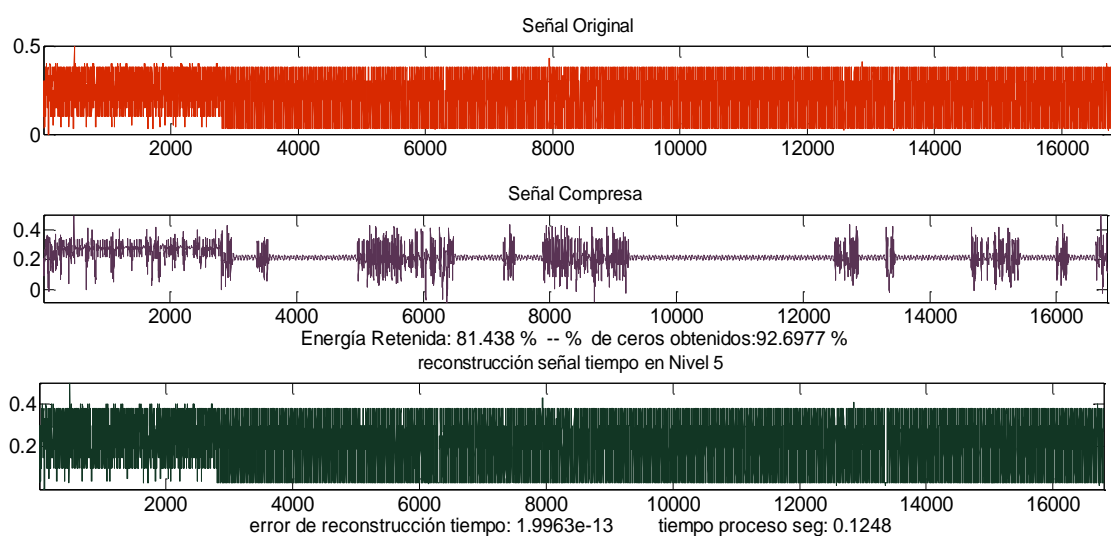


Figura 4.2. Compresión de la señal Watt/hr con wavelet sym 9 nivel 5.

Fuente: Christian R. Orbe

En el análisis de la Wavelet más idónea para este procedimiento se tiene para esta ocasión la Coiflet, de orden cuatro en un quinto nivel. Este da como resultado volúmenes de compresión buenos respecto a un porcentaje de ceros de 94.4011% como se visualiza en la “Figura 4.3.”

Es realmente un resultado bastante bueno de acuerdo a lo que requerimos principalmente ya que la señal, debe presentarse con la mayor sencillez respecto a la inicial dándonos una mayor compresión de ceros en comparación a las resultantes en otros niveles y órdenes ya verificados.

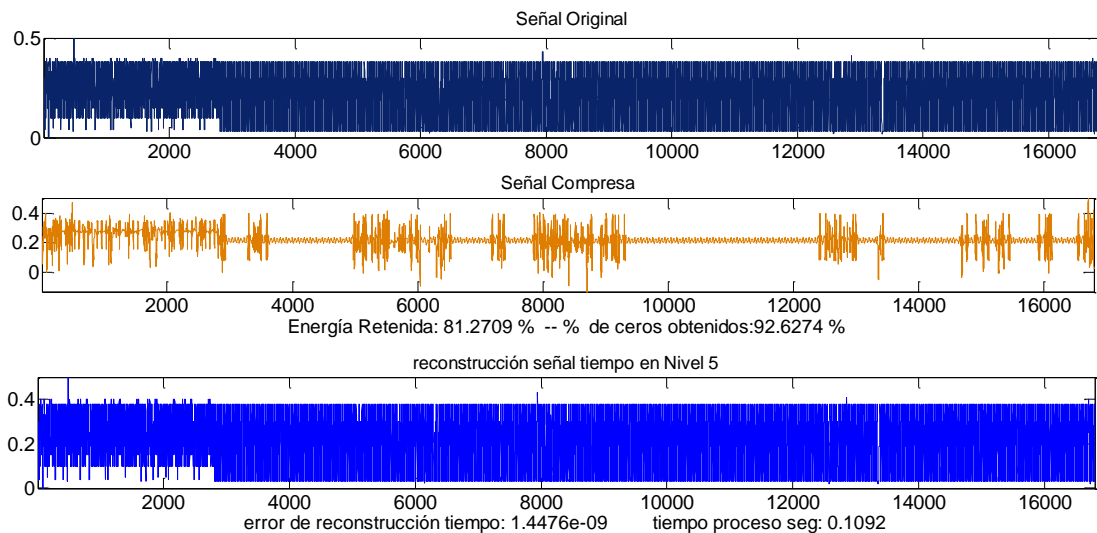


Figura 4.3. Compresión de la señal Watt/hr con wavelet coif4 nivel 5.

Fuente: Christian R. Orbe

De acuerdo a lo señalado se visualiza que a través del análisis de la Wavelet, más idónea para este procedimiento, se tiene para esta ocasión la Biortogonal, de orden 1.3, en un quinto nivel. Este da como resultado volúmenes de compresión buenos respecto a un porcentaje de ceros de 95.2268% como se visualiza en la “Figura 4.4.”

Es realmente un resultado muy bueno de acuerdo a lo que requerimos principalmente, en comparación a las señales compresas anteriores se presenta una señal sencilla, respecto a la inicial, dándonos una mayor compresión de ceros en comparación a las resultantes en otros niveles y órdenes ya verificados:

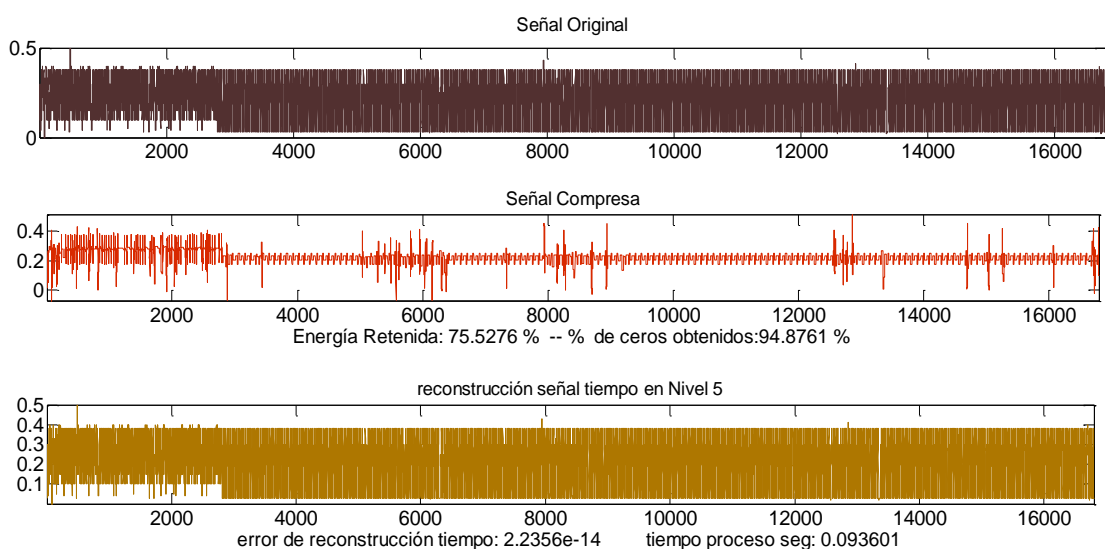


Figura 4.4. Compresión de la señal Watt/hr con wavelet bior1.3 a un nivel 5.

Fuente: Christian R. Orbe

En la comunicación inalámbrica interesa mucho que la señal que se está enviando que no estará ligada de forma individual a una estructura compleja que aporte con frecuencias altas y amplitudes que sean extremadamente grandes para que el procedimiento de comunicación, no interfiera estas características tanto al envío demore el tiempo de transmisión debido a que la velocidad va verse afectada al volumen de la información de los datos y la estructura que estos manejen.

4.4 Aplicabilidad del sistema en la comunicación

Un sistema de comunicación maneja básicamente una estructura siempre parecida a la siguiente estructura:

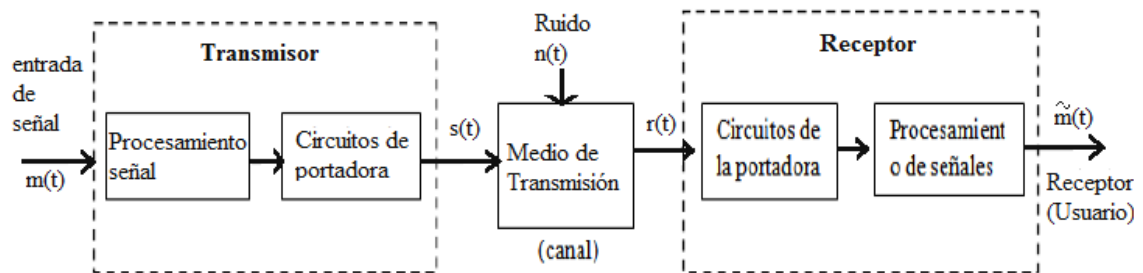


Figura 4.5. Sistema de comunicación básico.

Fuente: Christian R. Orbe

En la parte del transmisor la señal o mensaje debe pasar por el canal, para que exista una transmisión eficiente se debe realizar algunas acciones u operaciones a la señal, la que destaca de estas es la modulación, donde vamos acoplar la señal [36].

El canal de transmisión donde pueden presentarse dependiendo la distancia y el medio transmisor. La función que desempeñará el receptor es extraerla y entregarla a un transductor de salida [36].

El canal de comunicación se describe como un medio físico utilizado entre los dos extremos básicamente en nuestro caso inalámbrico que algún de los casos puede ser un espectro radioeléctrico [36].

4.4.1 Factores que interfieren en la comunicación inalámbrica.

Destacaremos dos factores principales que intervienen en la comunicación inalámbrica y que de manera conceptual se los menciono inicialmente de las características y beneficios que traen las Waveles, con este tipo de inconvenientes y que se los tratará en el tema final. Así tenemos los siguientes puntos de análisis [37]-[38]

Existen muchas características de una red que destacan su función y utilidad, pero de la misma manera habrá factores que interfieran en la transmisión y son necesarios estos parámetros analizar para concluir los beneficios que tendrá la aplicación de una señal compresada. [37]-[38]

1. El retardo como un valor de calidad percibida y es el tiempo que se tiene invertido en un determinado paquete vaya desde su origen hacia el destino que se lo coloque. Estos tiempos se consideran desde la acción del usuario hasta su visualización [35].

La aplicación de sistemas en tiempo real, basados en un dato de Internacional telecommunication Union, da una recomendación que debería existir un tardo máximo de 150ms [35].

Puede ocurrir que en un domicilio se disponga de una red tipo “LAN” de alta velocidad, mientras que la velocidad de su acceso sea muy pequeña, es allí donde se da el cuello de botella. Cuando el trafico llega a la red troncal dispone de mayor ancho de banda limita al tráfico [37]-[38].

Técnicas que ahorren el ancho de banda, porque la misma cantidad de trafico de fondo habrá un menor tráfico total y menos perdidas. Un problema es la carga computacional es decir cuando existe un gran número de máquinas [35].

2. Con la primera zona de Fresnel, se la llama al volumen de espacio, que hay entre el emisor de una onda electromagnética y un receptor, de tal forma que dicho volumen de desfase de la onda no supere los 180° , adoptando un tipo de elipsoide de revolución [39]-[40]

La siguiente es una zona que va con un espacio de desfase de 360° y será otro elipsoide que contendrá al inicial ya mencionado. En toda comunicación inalámbrica esta zona, además de considerar la visibilidad entre antenas contribuirá a la propagación de la onda [39]

$$r_n = \sqrt{1000} * \sqrt{\frac{d_1 d_2 \lambda}{d}} \quad (26)$$

Donde:

r_n =radio de la n -ésima zona de Fresnel en m

d_1 =distancia desde el transmisor al objeto en Km

d_2 =distancia desde el objeto al receptor en Km

d =distancia total del enlace en Km

λ =longitud de onda en m

Cualquier señal electromagnética sea analógica o digital está formada o constituida por una serie de frecuencias.

Un parámetro que es fundamental para la caracterización de una señal será el ancho de banda de la señal. Por ello se tomará en cuenta las siguientes características.

- El rango de la frecuencia que está contenida la señal.
- A mayor ancho de banda habrá mayor capacidad de transportar información

Tenemos un dato adicional que nos representa en una señal un dato importante que es la velocidad como se propaga una señal es por esto que:

$$v = \lambda f \quad (27)$$

Donde:

v =velocidad de propagación de la señal

f =frecuencia

λ =longitud de onda

Frecuentemente se cumplirá que:

$$v = c \quad (28)$$

Donde:

c =velocidad de la luz

Por ello un ancho de banda, podría soportar varias velocidades de transmisión, por ello a mayor limitación en el ancho de banda existirá mayor distorsión y con ello errores en la recepción [39]-[40].

- Mayor velocidad de transmisión de esta señal mayor será el ancho de banda efectivo [39]-[40].
- Mayor ancho existente de un sistema de transmisión mayor tendremos la velocidad de transmisión de datos.

El ancho de banda de una señal esta central a una frecuencia del mismo nombre. Por tanto a mayor frecuencia central existirá mayor ancho de banda de tipo potencial y mayor será la velocidad de transmisión [39]-[40].

Por tanto el espectro electromagnético referirá a un conjunto de posibles longitudes de onda o su vez de frecuencias de radiación “E.M.” Es decir que la longitud de la onda y la energía E de un fotón se relaciona de la siguiente manera:

$$E = hf \quad (29)$$

Donde:

h =Constante de Planck = $6,626 \times 10^{-34}$ J.s

A continuación se menciona una tabla donde se puede tener la información de los

parámetros de acuerdo a las escalas respectivamente

TIPO	F	Λ	E
Γ	300 EHz	1pm	1,24 MeV
	30 EHz	10pm	124 keV
HX	3 EHz	100pm	12,4 keV
SX	300 PHz	1nm	1,24 keV
	30 PHz	10nm	124 eV
EUV	3 PHz	10nm	12,4 eV
NUV	300 THz	1 μ m	1,24 eV
NIR	30 THz	10 μ m	124 meV
MIR	3 THz	100 μ m	12,4 meV
FIR	300 GHz	1mm	1,24 meV
EHF	30 GHz	1cm	124 μ eV
SHF	3 GHz	1dm	12,4 μ eV
UHF	300 MHz	1m	1,24 μ eV
VHF	30 MHz	1dam	124 neV
HF	3 MHz	1hm	12,4 neV
MF	300 KHz	1km	1,24 neV
LF	30 KHz	10km	124 peV
VLF	3 KHz	100km	12,4 peV
VF	300 Hz	1Mm	1,24 peV
ELF	30 Hz	10Mm	124 feV

TABLA 4.21 *Espectro electromagnético*

Fuente: *Christian R. Orbe*

Cabe rescatar que por debajo de 30 Hz no es apto para la comunicación, por campos y efectos de imanes, campos EM, etc., que se producen en este rango de frecuencia

Por esta razón se destaca las velocidades de ciertos medios de comunicación inalámbrica y sus características [39]-[40].

La velocidad ofrecida va entre 100 Mbps promedio en la transmisión entre el trasmisor y receptor [39]-[40].

- Con la “P.A.N.” es la Personal Area Network tenemos una velocidad menor a 1Mbps en un estándar tipo bluetooth [37]-[38].
- La red “L.A.N.” es la Local Area Network, abarca entre 1 y 54 Mbps en un rango medio [37]-[38].

- En la “M.A.N.” la Metropolitan Area Network, en rango de 22Mbps+ un rango medio-largo [37]-[38].
- La red “W.A.N.” es la que abarca en GSM GPRS CDMA 2.5 a 3G en rango largo en aplicativos celular móvil [37]-[38].

En comunicación Wi-Fi para evitar que las transmisiones tengan colisiones se puede utilizar una banda que por ejemplo iría entre 5Ghz y pueda alcanzar velocidades entre 54Mbps donde se podría utilizar una Modulación por la división ortogonal de frecuencia (“O.F.D.M.”). En este parámetro podríamos tener velocidades entre 11 y 54 Mbps a una eficiencia espectral de 2.7 bps/Hz, optimizado a 100 metros [36].

Con la Wimax existe la ventaja de ir a velocidades de más de 75 Mbps y su eficiencia espectral en 5bps/Hz y la distancia que cubre va a 50 Km [36].

Las frecuencias más destacables en la microondas va entre los 10 a 15 GHz, en 18, 23 y 26 GHz donde aquí podemos conectar localidades de 24 kilómetros de distancia entre ellas. Estos equipos operan a frecuencias más bajas entre 2-8GHz para transmitir a distancias entre 30 y 45 Km. El ancho de banda que la comunicación vía microonda es de 2 a 24 GHz confiabilidad en 6000Km en 99.8% [36].

3. Teorema de Shannon-Hartley

Con respecto a la información, este teorema de Shannon-Hartley aparte de aportar con una aplicación del teorema de codificación para canales con ruido, el teorema establece que la capacidad del canal de Shannon, a través de una cota superior que establecerá una máxima cantidad de datos, los mismos que podrán transmitirse [37]-[38].

.

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (30)$$

Donde:

B=Es ancho de banda del canal en Hz.

C=Capacidad del canal (bit/s)

S=Potencia de la señal (W)

N=Potencia del ruido (W)

Conforme al teorema de Shannon-Hartley que dice que la capacidad del canal, con ancho de banda finito y una señal continua, sufre un “ruido gaussiano”. De tal manera que el resultado de Hartley con el teorema de Shannon con respecto a la capacidad del canal sería que es equivalente a especificar la “M” en la fórmula de Hartley de señal/ruido [37]-[38].

Teóricamente si existiera un canal analógico, con ancho de banda infinito y sin ruido, se podría transmitir cantidades ilimitadas de datos sin error, a través de este medio por cada unidad de tiempo. Pero la realidad es otra ya los canales de comunicación, están sujetos a las limitaciones impuestas por el ancho de banda finito y el ruido [37]-[38].

Entonces si la señal, tomara un número grande que tienda al infinito, con valores distintos de voltaje para cada pulso de símbolo, teniendo en cuenta que cada nivel será distinto entre uno y otro, si se combina ambos factores, el ruido como las limitaciones del ancho de banda, dará como resultado un límite a la cantidad de información que se puede transferir a través de una señal de potencia limitada [37]-[39].

En el canal considerado por el teorema de Shannon-Hartley, el ruido y la señal se suman. Es decir, el receptor mide una señal que sea igual a la suma de la señal que codifica la información deseada y una variable aleatoria continua que represente el ruido. Esta suma crea incertidumbre en cuanto al valor de la señal original [37]-[39].

4.4.2 Detalle de información y Big Data en la red de comunicación y análisis de manejo de datos.

La definición de Big Data nos lleva a analizar parámetros con respecto al software que permite tratar estos datos, no existe un modelo que nos dé una referencia que haya sido aceptado como un modelo general universalmente, cuando se manifiesta en con las tecnologías en sus primeras fases de vida.

Referente a los sistemas de tratamiento de Big Data existen tres parámetros manejados en niveles [2]:

- El nivel de almacenamiento y provisión de los datos, que inicia donde están ubicadas las bases de datos relacionales y no relacionales hasta los procesadores de flujos de datos en tiempo real, siguiendo con herramientas de extracción y transformación para adaptar los datos para una lectura exterior [2].
- El nivel de análisis, que acoge en este caso la de Matlab para el tratamiento distribuido masivo de datos [2].
- El nivel de presentación y aplicación es el que corresponde al ámbito de la visualización de la información y dato [2].

Es necesario profundizar, las diferencias entre “dato” e “información”. Ya que dato se diría que es la representación, en cualquier formato, de una característica de una entidad, proporcionando descripción y la información es producto de un proceso de organización y procesado de un conjunto de datos, del que se tiene un mensaje como resultado.

Con los “Clustering” que será una tarea de dividir o segmentar el conjunto de registros con el objetivo de este tipo de algoritmos es diseñar los clústeres o grupos para que los registros incluidos en uno de ellos se caracterice por su similitud, mientras que entre los grupos hablando en forma global que no existen similitudes [2].

4.4.3 Beneficios para la comunicación inalámbrica a través de Compresión por Wavelet.

De acuerdo a lo manifestado en ítems anteriores tenemos una gran cantidad de beneficios que aportaría la transformada de Wavelet, en este caso puntual con la compresión de información y además en un aspecto que se tomará en cuenta como es el tipo de ruido en la comunicación.

La longitud de la señal, a través de la longitud de onda es un factor por medio de la Ecuación de Fresnel, donde podemos ver que influye en el volumen de la señal y con

ello, a mayor ancho de banda; superior será la velocidad de transmisión. Todo esto con la compresión la señal manejada en el parámetro de la frecuencia que es una serie e integra la señal y de acuerdo a su calidad en la compresión a través de Wavelet se podrá efectivizar la comunicación con una señal de mejor calidad y menor volumen.

Hay que tomar en cuenta que el éxito en toda transmisión de este tipo será en la calidad de la señal que se envía y característica de este medio por donde va.

Una ventaja adicional de la Transformada de Wavelet es su fidelidad con las señales y su forma de quitar el ruido de las mismas. Esto es un factor decisivo en la problemática de la comunicación inalámbrica que requiere de integridad en la información y mitigar los problemas que opaquen la señal con interferencias que alteren su estructura. La información original transmitida desde el emisor y receptada en la base de datos, la que con la utilización de la Transformada de wavelet tenemos un apoyo en la solución de un parámetro más que es del ruido blanco que esta interferido en la recepción de la información.

CONCLUSIONES:

1. El software Matlab permite al usuario mediante el uso de compresión de información con los comandos respectivos comprimir datos de gran volumen mediante procesos de umbralización de la información.
2. La compresión de información mediante la Transformada de Wavelet tipo Coiflet y Biortogonal, en niveles superiores a cuatro dan los mejores resultados en comparación a otros tipos con la base de datos aplicada.
3. El entorno de Matlab nos da la opción de comprimir información de grandes dimensiones y de recuperarla a través de comandos que realizan un proceso conocido como Transformada Inversa de Wavelet.
4. La compresión de información mediante la Transformada conocida como Wavelet permite recuperar la información compresada manteniendo su fidelidad e integridad de los datos contenidos en la misma.
5. Mientras se pierda menos cantidad de energía que integra una señal al momento de ser intervenida por el proceso de compresión, mayor será la fidelidad de la señal recuperada pero muy pobre su compresión en un análisis porcentual y viceversa.
6. Cuanto mayor sea el porcentaje de ceros que se den al momento de aplicar el umbral a la señal que se interfiere en la compresión, mayor será la afectación a la señal haciéndole más simple y beneficiando su compresión.
7. El éxito en toda transmisión, tendrá que ver con la calidad de la señal que se envía y las características del medio de comunicación inalámbrica.
8. Si las señales toman un número grande que tienda al infinito y se combina con el ruido y las limitaciones del ancho de banda, existirá un límite a la cantidad de información que se puede transferir por un medio inalámbrico.

RECOMENDACIONES:

1. Se ha tomado datos aleatorios que representan una “base de datos” referente a la medición inteligente como un prototipo de estudio, se recomienda que para un futuro análisis la información que sea tomada de la base de datos de un medidor inteligente real.
2. El presente trabajo es un estudio inicial de la compresión de medición inteligente; para aplicarlo de una manera real, se necesita estudios más avanzados que requieran análisis más profundos de campo.
3. Para el presente trabajo se tomó en cuenta Wavelets desde un valor de orden inicial hasta quince respectivamente en cada caso y en biortogonal hasta 6.8, se deja abierto a que se realicen trabajos y estudios con los tipos que están fuera del orden mencionado.
4. Hay que tener cuidado con el tipo de señal que se está tomando en cuenta para el procedimiento de compresión de información debido a que una wavelet aplicada a este tipo de proceso no es siempre similar para todos los casos de información en volumen y característica.
5. Para llevar a cabo un procedimiento de compresión de datos, se debe tener mucho cuidado desde el momento de importar la información, ya que se debe distribuir de manera lógica cada uno de los datos que vienen de la base de datos.
6. El menú de Wavelet de entorno gráfico permite mayor facilidad en la compresión pero limita muchos factores como el de reconstruir la señal entre uno de los tantos métodos inversos, por ello se pide que al trabajar con wavelet se incluya en el procedimiento los comandos necesarios para cumplir con un determinado objetivo.
7. Mantenerse al tanto de las nuevas versiones de Matlab ya que en futuras presentaciones del software, quizás se puedan tener mayor accesibilidad gráfica minimizando el tiempo de programación y obtención de resultados.

LISTA DE REFERENCIAS

- [1] IBM CORP., «Big Data en la Nube,» Programa de energía eólica, Rational Team Concert for Power Systems Software Standard Edition Disponible en:<http://www.ibm.com/developerworks/js/artrating>, 2013.
- [2] L. Pereda, G. Gonzalez, J. Fernández, F. Cases, J. Dueñas, J. Marco, «Big Data en los Entornos de defensa y Seguridad,» de *Documento resultado del grupo de trabajo sobre Big Data*, Madrid, 2013.
- [3] K. Slavakis, G. Giannakis, and G. Mateos, «Modeling and Optimization for Big Data Analytics,» de *IEEE Signal Processing Magazine*, 2014.
- [4] D. Loshin, «Big Data Analytics,» vol. I, nº ISBN 978-0-12-417319-4, p. 5–106, September 2013.
- [5] J. Fernandez, «Implementación y evaluación de algoritmos de compresión en FPGAs,» Madrid, 2012.
- [6] Universidad Pontificia Comillas, «Procesamiento Digital de Señales mediante la Teoría de Wavelets,» Disponible en: http://eprints.ucm.es/16705/1/SI_Elena_Rup%C3%A9rez_Cerezo_Jun12.pdf., 2013.
- [7] Universidad Complutense de Madrid, «Wavelets,» vol. I, Madrid, Disponible en: http://eprints.ucm.es/16705/1/SI_Elena_Rup%C3%A9rez_Cerezo_Jun12.pdf., 2012.
- [8] Universidad Autónoma del Estado de México, «Wavelets con aplicación a compresión de datos,» nº ISSN: 1405-559, Septiembre 2013.
- [9] R. Shariatinasab, M. Akbari, and B. Rahmani, «Application of Wavelet Analysis in Power Systems,» de *Advances in Wavelet Theory and Their Applications in Engineering, Physics and Technology*, 2012.
- [10] MathWorks Inc., «Interacción entre Microsoft Excel y Matlab,» Disponible en: <http://www.mathworks.com/help/exlink/microsoft-excel-and-matlab-interaction.html>, 2014.
- [11] MathWorks Inc., How do I configure Spreadsheet Link EX (Excel Link) for use with Microsoft Office 2007., Disponible en: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/answers/95746-how-do-i-configure-spreadsheet-link-ex-excel-link-for-use-with-microsoft-office-2007>, 2014.

- [12] B. Macías, «Herramientas Computacionales para la matemática,» *Matlab: Importación y exportación de datos*, p. 12, Marzo 2012.
- [13] S.Attaway, *Matlab A Practical Introduction to Programming and Problem Solving*, 2da ed., Butterworth-Heinemann, Ed., Elsevier, 2012, pp. 286-302.
- [14] H.Moore, *Matlab para Ingenieros*, 1st ed., Butterworth-Heinemann, Ed., Los Angeles: Pearson, 2012, pp. 53-248.
- [15] J. Khan, S. Bhuiyan, G. Murphy and M. Arline, «Embedded Zerotree Wavelet Based Data Compression for Smart Grid,» n° 978-1-4673-5202-4/12, 2013.
- [16] Mathworks, «Wavelet,» de *Accelerating the pace of engineering and science*, 2014.
- [17] M. Misiti, Y. Misiti, G. Oppenheim and J. Poggi, *User's Guide Wavelet Toolbox*, vol. Version 4.14, Disponible en: <http://www.mathworks.com>, 2014, pp. 1-2 to 3-138.
- [18] P. Sunitha and S. Prasad, «Speech Compression for Better Audibility Using Wavelet Transformation with Adaptive Kalman Filtering,» *International Journal of Engineering Research and General Science*, vol. 2do, n° ISSN 2091-2730, p. 6, 2014.
- [19] S. Suchitra, H. Kumar and B. Patil, «Speech Compression for Better Audibility Using Wavelet Transformation with Adaptive Kalman Filtering,» *International Journal of Engineering Research and General Science*, vol. 2do, n° 4, ISSN 2091-2730, p. 6, 2014.
- [20] S. Sridhar, P. Rajesh, K. Ramanaiah and D. Nataraj, «A Hybrid Bi-Orthogonal Wavelets, Neural Networks and DPCM based Image Compression Approach for Performance Analysis,» de *Proc. of Int. Conf. on Advances in Computer Science, AETACS*, India, 2013.
- [21] R.Dasondhi and P. Nagaich, «Image Decomposition and Compression using Discrete Wavelet Transform and Sub Band Coding,» *International Journal of Science and Research IJSR*, vol. 3, n° 7, ISSN 2319-7064, pp. 2-5, 2014.
- [22] N.Thakare, M. Joshi and M. Ingole, «Parameters Affecting the Compression of Images using Wavelet Transform,» *International Journal of Latest in Engineering and Technology IJLTET*, n° 1, ISSN 2278-621X, pp. 124-130, 2014.
- [23] Anak, S., «Power Quality Events Analysis Using Wavelet Transform,» de *A Project Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Award of the Degree of Master of Electrical Engineering*, Malaysia, 2012.

- [24] Z. Zainal, M. Manaf and A.Samad Shibhghatullah, «Experimental Approach On Thresholding Using Reverse Biorthogonal Wavelet Decomposition For Eye Image,» de *IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications (ICSIPA)*, Malaysia, 2013.
- [25] «Wavelets Tratamiento de Señales e Imágenes,» Sep 2014. [En línea]. Available: <http://stopnsearch.blogspot.com/>. [Último acceso: 5 Diciembre 2014].
- [26] R.Islam, F. Bulbul and S. Shanta, «Performance analysis of Coiflet-type Wavelets for a Fingerprint Image Compression by Using Wavelet and Wavelet Packet Transform,» *International Journal of Computer Science and Engineering Survey IJCSES*, vol. 3, n° 2, pp. 79-84, 2012.
- [27] Choubey, D.Gupta and S., «Discrete Wavelet Transform for Image Processing,» *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 4, n° 3, ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, pp. 598-602, Abril 2014.
- [28] R. Quijada, «Compresión de Imágenes Utilizando la Transformada Wavelet,» Septiembre 2014. [En línea]. Available: <http://neutron.ing.ucv.ve/fernandezl/Multimedia/Tareas%202005-1/DIFUSION-MULTIMEDIA%20-QUIJADA.doc..> [Último acceso: 2 11 2014].
- [29] S. Lorenzo, «Uso del Big Data en Empresas Eléctricas,» Cantabria, 2013, pp. 2-56.
- [30] E. Hashemi, Microcalcification Detection in Mammography Using Wavelet transform and Statistical Parameters, 2012, pp. 5-56.
- [31] D. Kumar, «Compression and Development Analysis on an Image Using Haar Wavelet Transformation,» *International Journal of Advanced Technology and Engineering Research IJATER*, vol. 2, n° 3, ISSN 2250-3536, pp. 225-228, Mayo 2012.
- [32] E. Reyes, E. Moreno, J. Gutiérrez and F. Rivas, «Discrete Wavelet Transform Application to the Protection of Electrical Power System,» de *A Solution Approach for Detecting and Locating Faults in FACTS Environment*, 2012.
- [33] N. Alwan, and Z. Hussain, Image Quality Assessment for Different Wavelet Compression Techniques in a Visual Communication Framework, Baghdad: Hindawi Publishing Corporation, 2013, pp. 1-7.
- [34] R. Mehra, V. Patel, F. Kazi, N. Singh, and S. Wagh, «Modes Preserving Wavelet based Multi-scale PCA Algorithm for Compression of Smart Grid Data,» n° IEEE 978-1-4673-6217-7/13, 2013.

- [35] J Saldaña, Técnicas de Optimización de Parámetros de Red para la Mejora de la Comunicación en Servicios de Tiempo Real, Zaragoza, 2011.
- [36] L. Guanoluisa, «Implementación de Sistemas de telecomunicación para las redes de Datos de las Empresas Públicas y Privadas del País,» pp. 5-135, Enero 2012.
- [37] F. Pérez1, C. Jiménez, E. Valdés, and O. Arias de Fuentes, «Implementación de un Sistema de Adquisición de Datos con comunicación inalámbrica para tres microsensors tipo CHEMFET,» nº IB12-53, Octubre 2012.
- [38] L. Chamorro and E. Pietrosemoli, «Redes Inalámbricas para el Desarrollo en América Latina y el Caribe,» *APC Temas Emergentes*, Octubre 2012.
- [39] «Your ad exchange,» Octubre 2014. [En línea]. Available: <http://www.youradexchange.com/ad/window.php?k=54ed5101d98893804600.1180405&h=d6043ee7bd4a2fabf209eff08dcfbcd39167929f&id=0&ban=3804600&r=364016&ref=h&data=&subid=&dx=%3D%3DAD&ver=.0&pkcr=%3D%3DwAKZwD&psr=%3DAwBGIAAFghR&scr=%3DcwABUQAEgxB&exp=su11> . [Último acceso: 4 Noviembre 2014].
- [40] GIO, «Tecnologías de la comunicación,» Octubre 2014. [En línea]. Available: <http://www.gio.es/abonados/informacion/internet/index.htm> . [Último acceso: 2 Diciembre 2014].

ANEXOS

ANEXO 1

ARCHIVO BASE DE DATOS DE CONSUMO ENERGIA ELECTRICA.

En el “ANEXO1,” se encuentra el archivo en Microsoft EXCEL, que se refiere a la Base de Datos del Consumo de Energía Eléctrica Residencial de un Usuario Promedio, con los valores establecidos en horas/día, con datos de energía, voltaje, energía promedio, tiempo y costo de energía, que son evaluados en un tiempo de consumo por horas desde Enero del 2013 hasta el 4 de Febrero del 2015, con el nombre “matlab.xls.”

ANEXO 2

ARCHIVO DE MATLAB CON INFORMACION DE LA VARIABLE WATT/Hr.

En el “ANEXO2,” se encuentra un archivo de Matlab, que es la importación de la columna de “Watt/Hr,” desde la Base de Datos del Consumo de Energía Eléctrica residencial de un usuario promedio, que son evaluados en un tiempo por horas, desde Enero del 2013 hasta el 4 de Febrero del 2015, con el nombre “wattshr.mat.”

ANEXO 3

ARCHIVO DE MATLAB CON INFORMACION DE VARIABLE
WATT/Hr PROMEDIO.

En el “ANEXO3,” se encuentra un archivo de Matlab, que es la importación de la columna de “Watt/Hr promedio,” desde la Base de Datos del Consumo de Energía Eléctrica residencial de un usuario promedio, que son evaluados en un tiempo por horas, desde Enero del 2013 hasta el 4 de Febrero del 2015, con el nombre ““wattspromediodiario.mat.”

ANEXO 4

ARCHIVO DE MATLAB CON INFORMACION DE VARIABLE VOLTAJE.

En el “ANEXO4,” se encuentra un archivo de Matlab, que es la importación de la columna del “Voltaje,” desde la Base de Datos del Consumo de Energía Eléctrica residencial de un usuario promedio, que son evaluados en un tiempo por horas, desde Enero del 2013 hasta el 4 de Febrero del 2015, con el nombre “voltaje.mat.”

ANEXO 5

ARCHIVO DE MATLAB CON INFORMACION DE VARIABLE TIEMPO.

En el “ANEXO5,” se encuentra un archivo de Matlab, que es la importación de la columna del “Tiempo,” desde la Base de Datos del Consumo de Energía Eléctrica residencial de un usuario promedio, que son evaluados en un tiempo por horas, desde Enero del 2013 hasta el 4 de Febrero del 2015, con el nombre “time.mat.”

ANEXO 6

**ARCHIVO DE MATLAB CON INFORMACION DEL COSTO DE CONSUMO DE
ENERGÍA.**

En el “ANEXO6,” se encuentra un archivo de Matlab, que es la importación de la columna del “Costo de Energía,” desde la Base de Datos del Consumo de Energía Eléctrica residencial de un usuario promedio, que son evaluados en un tiempo por horas, desde Enero del 2013 hasta el 4 de Febrero del 2015, con el nombre “costoenergia.mat.”

ANEXO 7

PROGRAMACIÓN DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA VARIABLE WATT/HORA EN MATLAB

En el “ANEXO7,” se encuentra un archivo de Matlab, con la programación de la compresión y descompresión de la variable Watt/Hora, allí constan los resultados y las gráficas para los tres casos que son la original, la compresada y la reconstrucción de la señal mencionada, con el nombre “compresion_datos_watthora_descomp.m” A continuación se detalla el código.

```
%PROGRAMA DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA VARIABLE
WATT/HORA
```

```
%2013-2015
```

```
clc%Limpio pantalla
```

```
%PROGRAMACION DE COMPRESIÓN Y DESCOMPRESION CON ERROR
SEÑAL WATT/HR
```

```
%Seteo del threshold
```

```
t=cputime;%Aqui se determina un inicio para medir tiempo de proceso
```

```
%GRAFICA Y COMPRESION DE SEÑALES DE WATIOS/HORA Y TIEMPO
```

```
%Proceso con Watios/Hr
```

```
wname = 'bior1.3'; lev = 5; %determino que tipo de Wavelet y a qué nivel trabajo
```

```
[c,l] = wavedec(wattshr,lev,wname);% función de descomposición para tratar la señal
```

```
alpha = 1.5; m = 1*(1); %valores que van a determinar la capacidad de comprimir o
filtrar
```

```
[thr,nkeep] = wdcbm(c,l,alpha,m)%función de umbralización
```

```
[xd,cxd,lxd,perf0,perf12] = wdencmp('lvd',c,l,wname,lev,thr,'h');%función de
compresión
```

```
subplot(311), plot(wattshr), title('Señal Original');% Grafico Señal Original
```

```
axis tight%quidad de ejes para la grafica
```

```
subplot(312), plot(xd), title('Señal Compresada');% Grafico Señal Compresada
```

```
xlab1 = ['Energía Retenida: ',num2str(perf12)];%impresión %energía retenida
```

```
xlab2 = [' % -- % de ceros obtenidos:',num2str(perf0), ' % '];%impresión %ceros
```

```
xlabel([xlab1 xlab2]);% gráfico de las etiquetas de compresión de energía y ceros
```

```
axis tight%quidad de ejes para la grafica
```

```
M=waverec(c,l,wname);%Reconstrucción de la señal
```

```
t1=cputime-t%tiempo final de medición de proceso
```

```
err1 = norm(wattshr-M)%error de la onda compresada vs original
```

```

subplot(3,1,3),plot(M),title('reconstrucción señal tiempo en Nivel 5');%grafica
función reconstruida
axis tight%equidad de ejes para la gráfica
xlab3 = ['error de reconstrucción tiempo: ',num2str(err1)];%etiqueta error de
reconstrucción
xlab4 = [' tiempo proceso seg: ',num2str(t1)];%etiqueta de tiempo de proceso
xlabel([xlab3 xlab4]);%grafica de la visualización del tiempo de proceso

```

ANEXO 8

**PROGRAMACIÓN DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA
VARIABLE WATT/HORA PROMEDIO EN MATLAB.**

En el “ANEXO8,” se encuentra un archivo de Matlab, con la programación de la compresión y descompresión de la variable Watt/Hora promedio, allí constan los resultados y las gráficas para los tres casos que son la original, la compresión y la reconstrucción de la señal mencionada, con el nombre “compresion_datos_watthora_promedio_descomp.m” A continuación se detalla el código.

```
%PROGRAMA DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA VARIABLE
WATT/HR PROMEDIO
```

```
%2013-2015
```

```
clc%Limpio pantalla
```

```
%PROGRAMACION DE COMPRESIÓN Y DESCOMPRESION CON ERROR
SEÑAL WATT/HR PROMEDIO
```

```
%Seteo del threshold
```

```
t=cputime;%Aquí se determina un inicio para medir tiempo de proceso
```

```
%GRAFICA Y COMPRESION DE WATT/HR PROMEDIO
```

```
%Proceso con WATT/HR PROMEDIO
```

```
wname = 'bior1.3'; lev = 5 %determino que tipo de Wavelet y a qué nivel trabajo
```

```
[c,l] = wavedec(wattspromedio,lev,wname);% función de descomposición para tratar
la señal
```

```
alpha = 1.5; m = 1*(1); %valores que van a determinar la capacidad de comprimir o
filtrar
```

```
[thr,nkeep] = wdcbm(c,l,alpha,m)%función de umbralización
```

```
[xd,cxd,lxd,perf0,perf12] = wdencmp('lvd',c,l,wname,lev,thr,'h');%función de
compresión
```

```
subplot(311), plot(wattspromedio), title('Señal Original');% Grafico Señal Original
```

```
axis tight%Equidad de ejes para la grafica
```

```
subplot(312), plot(xd), title('Señal Compresión');% Grafico Señal Compresión
```

```
xlab1 = ['Energía Retenida: ',num2str(perf12)];%impresión %energía retenida
```

```
axis tight%Equidad de ejes para la grafica
```

```
xlab2 = [' % -- % de ceros obtenidos:',num2str(perf0), ' %'];%impresión %ceros
```

```
xlabel([xlab1 xlab2]);% gráfico de las etiquetas de compresión de energía y ceros
```

```
axis tight%equidad de ejes para la grafica
```

```

M=waverec(c,l,wname);%Reconstrucción de la señal
t1=cputime-t%tiempo final de medición de proceso
err1 = norm(wattspromedio-M)%error de la onda compresada vs original
subplot(3,1,3),plot(M),title('reconstrucción señal tiempo en Nivel 5');% grafica
función reconstruida
axis tight%quididad de ejes para la grafica
xlab3 = ['error de reconstrucción tiempo: ',num2str(err1)];%etiqueta error de
reconstrucción
xlab4 = [' tiempo proceso seg: ',num2str(t1)];%etiqueta de tiempo de proceso
xlabel([xlab3 xlab4]);% grafica de la visualización del tiempo de proceso

```

ANEXO 9

**PROGRAMACIÓN DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA
VARIABLE VOLTAJE EN MATLAB.**

En el “ANEXO9,” se encuentra un archivo de Matlab, con la programación de la compresión y descompresión de la variable Voltaje, allí constan los resultados y las gráficas para los tres casos que son la original, la compresada y la reconstrucción de la señal mencionada, con el nombre “compresion_datos_voltaje_descomp.m” A continuación se detalla el código.

```
%PROGRAMA DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA VARIABLE
VOLTAJE
```

```
%2013-2015
```

```
clc%Limpio pantalla
```

```
%PROGRAMACION DE COMPRESIÓN Y DESCOMPRESION DE SEÑAL
VOLTAJE
```

```
%Seteo del threshold
```

```
t=cputime;%Aquí se determina un inicio para medir tiempo de proceso
```

```
%GRAFICA Y COMPRESION DE SEÑALES DE VOLTAJE
```

```
%Proceso con VOLTAJE
```

```
wname = 'bior1.3'; lev = 5; %determino que tipo de Wavelet y a qué nivel trabajo
```

```
[c,l] = wavedec(voltaje,lev,wname);% función de descomposición para tratar la señal
```

```
alpha = 1.5; m = 1*(1); %valores que van a determinar la capacidad de comprimir o
filtrar
```

```
[thr,nkeep] = wdcbm(c,l,alpha,m)%función de umbralización
```

```
[xd,cxd,lxd,perf0,perf12] = wdencmp('lvd',c,l,wname,lev,thr,'h');%función de
compresión
```

```
subplot(311), plot(voltaje), title('Señal Original');% Grafico Señal Original
```

```
axis tight%Equidad de ejes para la grafica
```

```
subplot(312), plot(xd), title('Señal Compresada');% Grafico Señal Compresada
```

```
xlab1 = ['Energía Retenida: ',num2str(perf12)];%impresión %energía retenida
```

```
axis tight%Equidad de ejes para la grafica
```

```
xlab2 = [' -- % de ceros obtenidos:',num2str(perf0), ' %'];%impresión %ceros
```

```
xlabel([xlab1 xlab2]);% gráfico de las etiquetas de compresión de energía y ceros
```

```
axis tight%equidad de ejes para la grafica
```

```
M=waverec(c,l,wname);%Reconstrucción de la señal
```

```
t1=cputime-t%tiempo final de medición de proceso
```

```

err1 = norm(voltaje-M)%error de la onda compresada vs original
subplot(3,1,3),plot(M),title('reconstrucción señal tiempo en Nivel 5');% grafica
función reconstruida
axis tight%quidad de ejes para la grafica
xlab3 = ['error de reconstrucción tiempo: ',num2str(err1)];%etiqueta error de
reconstrucción
xlab4 = [' tiempo proceso seg: ',num2str(t1)];%etiqueta de tiempo de proceso
xlabel([xlab3 xlab4]);% grafica de la visualización del tiempo de proceso

```


ANEXO 10

**PROGRAMACIÓN DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA
VARIABLE TIEMPO EN MATLAB.**

En el “ANEXO10,” se encuentra un archivo de Matlab, con la programación de la compresión y descompresión de la variable Tiempo, allí constan los resultados y las gráficas para los tres casos que son la original, la compresada y la reconstrucción de la señal mencionada, con el nombre “compresion_datos_tiempo_descomp.m” A continuación se detalla el código.

%PROGRAMA DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA VARIABLE TIEMPO

```
%2013-2015
clc%Limpio pantalla
%PROGRAMACION DE COMPRESIÓN Y DESCOMPRESION SEÑAL TIEMPO
%Seteo del threshold
t=cputime;%Aqui se determina un inicio para medir tiempo de proceso

%GRAFICA Y COMPRESION DE SEÑALES DE TIEMPO
%Proceso con TIEMPO
wname = 'bior1.3'; lev = 5; %determino que tipo de Wavelet y a qué nivel trabajo
[c,l] = wavedec(time,lev,wname);% función de descomposición para tratar la señal
alpha = 1.5; m = 1*(1); %valores que van a determinar la capacidad de comprimir o
filtrar
[thr,nkeep] = wdcbm(c,l,alpha,m)%función de umbralización
[xd,cxd,lxd,perf0,perf12] = wdencmp('lvd',c,l,wname,lev,thr,'h');%función de
compresión
subplot(311), plot(time), title('Señal Original');% Grafico Señal Original
axis tight%equidad de ejes para la grafica
subplot(312), plot(xd), title('Señal Compresada');% Grafico Señal Compresada
xlab1 = ['Energía Retenida: ',num2str(perf12)];%impresión %energía retenida
xlab2 = [' % -- % de ceros obtenidos:',num2str(perf0), ' %'];%impresión %ceros
xlabel([xlab1 xlab2]);%grafico de las etiquetas de compresión de energía y ceros
axis tight%quidad de ejes para la grafica
M=waverec(c,l,wname);%Reconstrucción de la señal
t1=cputime-t%tiempo final de medición de proceso
err1 = norm(time-M)%error de la onda compresada vs original
subplot(3,1,3),plot(M),title('reconstrucción señal tiempo en Nivel 5');%grafica
```

función reconstruida

```
axis tight%equidad de ejes para la grafica
```

```
xlab3 = ['error de reconstrucción tiempo: ',num2str(err1)];%etiqueta error de  
reconstrucción
```

```
xlab4 = [' tiempo proceso seg: ',num2str(t1)];%etiqueta de tiempo de proceso
```

```
xlabel([xlab3 xlab4]);% grafica de la visualización del tiempo de proceso
```

ANEXO 11

**PROGRAMACIÓN DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA
VARIABLE COSTO DEL CONSUMO DE ENERGIA EN MATLAB.**

En el “ANEXO11,” se encuentra un archivo de Matlab, con la programación de la compresión y descompresión de la variable Costo del Consumo de Energía, allí constan los resultados y las gráficas para los tres casos que son la original, la compresión y la reconstrucción de la señal mencionada, con el nombre “compresion_datos_costoenergia_descomp.m” A continuación se detalla el código.

%PROGRAMA DE LA COMPRESIÓN Y DESCOMPRESIÓN DE LA VARIABLE COSTO DE ENERGIA

%2013-2015

clc%Limpio pantalla

%PROGRAMACION DE COMPRESIÓN Y DESCOMPRESION SEÑAL COSTO DE ENERGIA

%Seteo del threshold

t=cputime;%Aquí se determina un inicio para medir tiempo de proceso

%GRAFICA Y COMPRESION DE SEÑALES DE COSTO DE ENERGIA

%Proceso con COSTO DE ENERGIA

wname = 'bior1.3'; lev = 5; %determino que tipo de Wavelet y a qué nivel trabajo

[c,l] = wavedec(costoenergia,lev,wname);% función de descomposición para tratar la señal

alpha = 1.5; m = 1*(1); %valores que van a determinar la capacidad de comprimir o filtrar

[thr,nkeep] = wdcbm(c,l,alpha,m)%función de umbralización

[xd,cxd,lxd,perf0,perf12] = wdencmp('lvd',c,l,wname,lev,thr,'h');%función de compresión

subplot(311), plot(costoenergia), title('Señal Original');% Grafico Señal Original

axis tight%Equidad de ejes para la grafica

subplot(312), plot(xd), title('Señal Compresa');% Grafico Señal Compresa

xlab1 = ['Energía Retenida: ',num2str(perf12)];%impresión %energía retenida

xlab2 = [' % -- % de ceros obtenidos:',num2str(perf0), ' %'];%impresión %ceros

xlabel([xlab1 xlab2]);%gráfico de las etiquetas de compresión de energía y ceros

axis tight%Equidad de ejes para la grafica

M=waverec(c,l,wname);%Reconstrucción de la señal

t1=cputime-t%tiempo final de medición de proceso

```

err1 = norm(costoenergia-M)%error de la onda compresada vs original
subplot(3,1,3),plot(M),title('reconstrucción señal tiempo en Nivel 5');% grafica
función reconstruida
axis tight%Equidad de ejes para la grafica
xlab3 = ['error de reconstrucción tiempo: ',num2str(err1)];%etiqueta error de
reconstrucción
xlab4 = [' tiempo proceso seg: ',num2str(t1)];%etiqueta de tiempo de proceso
xlabel([xlab3 xlab4]);% grafica de la visualización del tiempo de proceso

```